



Universidad de León



Escuela Superior y Técnica
de Ingenieros de Minas

GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA

TRABAJO FIN DE GRADO

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UNA CASA PASIVA EN LA PROVINCIA DE LEÓN.

León, Julio de 2015

Autor: Patricia Navarrete Puertas

Tutor: Ana María Díez Suárez

El presente proyecto ha sido realizado por D./Dña. Patricia Navarrete Puertas, alumno/a de la Escuela Superior y Técnica de Ingenieros de Minas de la Universidad de León para la obtención del título de Grado en Ingeniería de la Energía.

La tutoría de este proyecto ha sido llevada a cabo por D./Dña. Ana María Díez Suárez, profesor/a del Grado en Ingeniería de la Energía.

Visto Bueno

Fdo.: D./Dña. Patricia Navarrete Puertas
El autor del Trabajo Fin de Grado

Fdo.: D./Dña. Ana María Díez Suárez
El Tutor del Trabajo Fin de Grado

RESUMEN

La crisis del petróleo de 1973 ha provocado el desarrollo de medidas orientadas a la obtención de nuevos tipos de energías que no sean agotables. Como reflejo de esto, podemos ver que países como Alemania o Estados Unidos cuentan con miles de viviendas que ahorran hasta el 90% en climatización gracias a sus sistemas no mecánicos.

Se podría decir que un hogar sano es la combinación de materiales naturales, fuentes de energía alternativa, una buena orientación para aprovechar lo mejor de la radiación solar y el viento, rodeado de una buena cantidad de plantas y áreas verdes.

En el presente proyecto se llevará a cabo el diseño mediante AutoCAD, la elección de materiales, descripción de las características técnicas, el proceso de construcción junto con el análisis estructural de una vivienda modular. Además, se realizará el estudio de los diferentes tipos de energías renovables (solar térmica y fotovoltaica, geotérmica y eólica) y no renovables (cogeneración) aptas para el autoabastecimiento, además de los cinco principios básicos que ha de tener una vivienda para ser catalogada como Passivhaus. Dicho estudio se realizará describiendo cada una de estas alternativas energéticas, sus fundamentos, que tipo de instalaciones existen y su funcionamiento, así como los elementos que las componen.

Posteriormente se estudiarán las aplicaciones para la climatización que puede ofrecer cada tendencia energética, estableciendo sus ventajas e inconvenientes. El siguiente paso será analizar la situación y potencial de las opciones estudiadas en el terreno elegido para la edificación de la vivienda.

Para finalizar el proceso se elaboran tablas comparativas acompañadas de una explicación con el objetivo de determinar diversos aspectos sobre las alternativas energéticas estudiadas. Estos aspectos serán: según la disponibilidad geográfica, qué métodos disponen de mayor potencial, cuáles son más adecuados según la climatología, cuáles se pueden aplicar en el sector residencial (vivienda unifamiliar y en bloque) y terciario, qué opciones son convenientes para edificios de nueva construcción y cuáles para rehabilitación y por último, en función al tipo de demanda (refrigeración, calefacción o ambas), qué tecnologías son más indicadas.

Una vez realizado todo este proceso, concluiremos con la elección de las tecnologías óptimas para lograr una vivienda lo más autosuficiente posible.

ABSTRACT

The oil crisis from 1973 has provoked the development of measurements oriented to obtain new types of energy sources which are not limited. Evidence of that could be found in dwellings of countries such as Germany or the United States which save up to a 90% on air conditioning thanks to the use of non-mechanical systems.

It could be said that a healthy home derives from the combination of natural resources, renewable energy sources and a good orientation to make the most of the solar radiation and the wind, all of these surrounded by a great deal of plants and green spaces.

This project is focused on the design of a modular housing created through AutoCAD, the choice of materials, the description of the technical characteristics and the construction process together with its structure analysis. Moreover, a study of the different types of renewable energies (solar energy: PV and thermal, geothermal energy and wind energy) and non-renewable ones (cogeneration) will be carried out, being both types apt for the self-supply of energy in addition to the five principles necessary to be identified as Passivhaus. This study will be carried out describing each of the energetic alternatives, its basics, what types of installations exist and their functioning as well as their components.

Subsequently the applications for the air conditioning that each energetic tendency can offer will be studied, establishing its advantages and disadvantages. The next step will be analyzing the situation and the potential of each option studied according to the setting chosen for the construction of the dwelling.

Comparative figures will be created in order to finish the process, together with an explanation so as to determine different aspects of the energetic alternatives studied. These aspects will be: which methods have bigger potential depending on the geographic area, which are the most suitable options according to the weather conditions, which methods can be applied in the residential sector (single family home and blocks) and service sector, which options are the most convenient for new construction buildings and which options are more suitable for refurbished ones, and finally which technology is better depending on its aim (refrigeration, heating or both).

Once all this process is finished we will conclude with the election of the most suitable technologies in order to obtain a self-sufficient dwelling.

ÍNDICE

1.	Introducción.....	1
2.	Marco normativo.....	2
1.1	Introducción.....	2
1.2	Directiva Europea 2012/27/UE.....	3
1.3	Real Decreto 47/2007. Real Decreto 235/2013 de 5 de Abril.....	3
1.4	Real Decreto 314/2006.....	4
1.4.1	HE1 Limitación de la demanda energética.....	4
1.4.2	HE2 Rendimiento de las instalaciones térmicas.....	4
1.4.3	HE3 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.....	4
1.4.4	HE4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.....	4
1.4.5	HE5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.....	5
1.5	Real Decreto 1027/2007 R.I.T.E.....	5
3.	Passivhaus.....	6
3.2.	Aislamiento térmico.....	7
3.3.	Ventanas, puertas y persianas de altas prestaciones.....	7
3.3.1.	Acristalamientos.....	7
3.3.2.	Persianas.....	9
3.3.3.	Orientación de la vivienda.....	9
3.3.4.	Protecciones solares.....	10
3.3.5.	Iluminación natural.....	10
3.4.	Ventilación mecánica con recuperación de calor.....	10
3.4.1.	Ventilación natural cruzada.....	11
3.5.	Estanqueidad.....	11
3.6.	Ausencia de puentes térmicos.....	12
3.7.	Iluminación por LED.....	12
3.8.	Utilización de griferías eficientes.....	13
4.	Tecnologías para el autoabastecimiento.....	15
4.2.	Cogeneración y Trigeneración.....	15
4.2.1.	Generalidades.....	15
4.2.2.	Ventajas.....	17
4.2.3.	Inconvenientes.....	18

4.2.4.	Componentes de los sistemas de cogeneración.	18
4.2.5.	Aplicaciones de la cogeneración.....	24
4.2.6.	Micro-cogeneración.....	33
4.2.7.	La cogeneración en el Mundo, Europa y España.....	38
4.3.	Energía Eólica.	41
4.3.1.	Generalidades.	41
4.3.2.	Principio de funcionamiento de un aerogenerador.	42
4.3.3.	Ventajas de la energía eólica.	43
4.3.4.	Desventajas de la energía eólica.....	46
4.3.5.	Tipos de aerogeneradores.	49
4.3.6.	Características de los aerogeneradores.	53
4.3.7.	Coste de la energía eólica.	56
4.3.8.	La energía eólica en el Mundo y en la Unión Europea.	57
4.3.9.	Minieólica.....	58
4.4.	Energía fotovoltaica.	59
4.4.1.	Generalidades.	59
4.4.2.	Componentes principales de una planta fotovoltaica.....	60
4.4.3.	Tipologías de paneles fotovoltaicos.....	67
4.4.4.	Tipologías de plantas fotovoltaicas.	72
4.4.5.	Energía fotovoltaica en Europa y España.	74
4.5.	Energía solar térmica.	76
4.5.1.	Descripción.	76
4.5.2.	Aplicaciones de la energía solar térmica.	83
4.6.	Geotermia	86
4.6.1.	Descripción.	86
4.6.2.	Ventajas de la energía geotérmica.	94
4.6.3.	Inconvenientes de la energía geotérmica.	94
4.6.4.	Aplicaciones de la geotermia.....	95
4.6.5.	Situación y potencial de la geotermia en España.	96
4.6.6.	Situación de la geotermia a nivel europeo.	97
4.7.	Recuperador de calor.....	97
4.8.	Sistemas radiantes.	98
4.8.1.	Confort.....	99
4.8.2.	Ahorro energético.....	100
4.8.3.	Aumento del espacio habitable	102

4.8.4.	Tipos de sistemas radiantes.....	103
4.9.	Reutilización de aguas pluviales.....	108
5.	Descripción de la vivienda.	110
5.1.	Materiales.	111
5.1.1.	Paneles exteriores.....	111
5.1.2.	Paneles interiores.	113
5.1.3.	Paneles de cubierta.....	115
5.1.4.	Carpintería exterior.....	118
5.1.5.	Carpintería interior.	118
5.2.	Características Técnicas.	120
5.2.1.	Características Técnicas ante comportamientos irregulares.	120
5.3.	Transporte.....	122
5.4.	Construcción.	122
5.5.	Beneficios.....	129
5.6.	Análisis estructural de construcción.	132
5.6.1.	Metálica modular.....	132
5.6.2.	Principios estáticos.	132
5.6.3.	Análisis estructural de construcción metálica modular.	135
6.	Elección de la tecnología o tecnologías a instalar.	137
6.1.	Envoltente térmica.	137
6.2.	Acristalamientos, ventanas, puertas y persianas de altas prestaciones.	138
6.3.	Orientación de la vivienda.	140
6.4.	Protecciones solares.	140
6.5.	Iluminación natural.	141
6.6.	Ventilación mecánica con recuperador de calor.	142
6.7.	Estanqueidad.....	142
6.8.	Ausencia de puentes térmicos.	143
6.9.	Iluminación por LED.	143
6.10.	Griferías eficientes.....	143
6.11.	Reutilización de aguas pluviales.	143
6.12.	Tecnologías para el autoabastecimiento.	145
6.12.1.	Tendencias según disponibilidad geográfica.	146
6.12.2.	Tendencias según el clima.....	147
6.12.3.	Tendencias según sector.....	148
6.12.4.	Tendencias según el estado del edificio.	149

6.12.5.	Tendencias según el tipo de demanda.	150
6.12.6.	Tecnología seleccionada.	151
ANEXO I: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS PANELES.		153
ANEXO II: CATÁLOGO VEMAX.....		156
ANEXO III: CARTA DE COLORES DE ARCELORMITTAL.		176
Bibliografía.....		180

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Los 5 Principios Básico de una casa pasiva.	6
Figura 3.2 Radiación en función de las diferentes orientaciones durante un año.	8
Figura 3.3 Funcionamiento de un vidrio bajo emisivo con respecto a la radiación solar incidente y las pérdidas de calor del ambiente interior.	8
Figura 3.4 Sección de la persiana y su colocación en el panel autoportante.	9
Figura 3.5 Esquema de ventilación mecánica.	10
Figura 3.6 Ventilación mecánica controlada en invierno y en verano.	11
Figura 3.7 Imagen termográfica de los puentes térmicos de una vivienda.	12
Figura 3.8 Iluminación mediante LED.	13
Figura 3.9 Grifería eficiente.	14
Figura 4.1 Esquema eficiencia cogeneración.	15
Figura 4.2 Rendimiento de una instalación de trigeneración.	16
Figura 4.3 Generación energética convencional frente a Trigeneración.	17
Figura 4.4 Sistema de trigeneración.	18
Figura 4.5 Planta con motor alternativo.	19
Figura 4.6 Planta con turbina de gas.	20
Figura 4.7 Proceso de máquina de simple efecto.	21
Figura 4.8 Proceso de máquina de doble efecto.	22
Figura 4.9 Esquema de sistema de enfriamiento evaporativo con deshumidificación.	24
Figura 4.10 Planta de cogeneración con turbina de gas.	25
Figura 4.11 Planta de cogeneración con turbina de vapor.	26
Figura 4.12 Planta de cogeneración en ciclo combinado con turbina de gas.	27
Figura 4.13 Diagrama de Sankey de Planta de cogeneración en ciclo combinado con turbina de gas.	27
Figura 4.14 Planta de cogeneración con motor alternativo.	28
Figura 4.15 Diagrama de Sankey de planta de cogeneración con motor de gas.	28
Figura 4.16 Diagrama de proceso de planta de cogeneración con motor de gas, para generación de aire caliente.	29
Figura 4.17 Planta de cogeneración en ciclo combinado con motor alternativo.	29
Figura 4.18 Planta de trigeneración con motor de gas.	30
Figura 4.19 Instalaciones con trigeneración.	32
Figura 4.20 Instalaciones con trigeneración.	33

Figura 4.21 Instalaciones con trigeneración.....	33
Figura 4.22 Partes de un micromotor alternativo DACHS de 5,5 kW eléctricos.	37
Figura 4.23 Esquema de una microturbina de gas.	38
<i>Figura 4.24 Energía de distrito y cogeneración industrial (GWh/año) y cobertura de la demanda en %E bruta para España y otros países europeos.</i>	<i>39</i>
Figura 4.25 Cobertura de la demanda de electricidad de cogeneración a nivel global.	39
Figura 4.26 Potencia instalada de cogeneración en España (MW) por rangos de potencia..	40
Figura 4.27 Distribución de la energía cogenerada por sector industrial. Fuente: MITYC: Informe Anual 2006.	41
Figura 4.28 Parques eólicos terrestres y marinos.	42
Figura 4.29 Esquema de funcionamiento de un aerogenerador.....	43
Figura 4.30 Evolución de las fuentes de generación eléctrica.	45
Figura 4.31 Impacto acústico producido por un aerogenerador.....	47
Figura 4.32 Componentes de un aerogenerador de eje horizontal.	48
Figura 4.33 Coste de los componentes de un aerogenerador en %.....	48
Figura 4.34 Aerogenerador Savonius.....	49
Figura 4.35 Aerogenerador Darrieus.	50
Figura 4.36 Aerogenerador híbrido Darrieus-Savonius.	51
Figura 4.37 Barlovento con aleta direccional y Sotavento sin aleta direccional.....	52
Figura 4.38 Aerogenerador de eje horizontal tripala (A), aerogenerador de eje horizontal bipala (B), aerogenerador de eje horizontal monopala (C) y aerogenerador de eje horizontal multipala (D).	52
Figura 4.39 Aerogeneradores marinos con estructura flotante.....	55
Figura 4.40 Potencia instalada por los países de la Unión Europea en 2012 (MW).....	57
Figura 4.41 Evolución de la energía eólica en el Mundo y en Europa.....	58
Figura 4.42 Miniturbina eólica enair 30 1.500W (pvp: 6.000€).....	59
Figura 4.43 Célula fotovoltaica.	61
Figura 4.44 Funcionamiento de una célula fotovoltaica.	61
Figura 4.45 Efecto fotovoltaico.....	62
Figura 4.46 Módulos fotovoltaicos en tejado y suelo.	63
Figura 4.47 Placas conectadas en serie y huerto fotovoltaico.	63
Figura 4.48 Sección de módulo fotovoltaico estándar de silicio.	64
Figura 4.49 Esquema del principio de funcionamiento de un inversor monofásico.....	65
Figura 4.50 Principio de funcionamiento de la tecnología PWM.	65
Figura 4.51 Punto de potencia máxima (MPP) de un generador fotovoltaico.....	66

Figura 4.52 Panel de silicio monocristalino.	67
Figura 4.53 Panel de silicio policristalino.	68
Figura 4.54 Módulo de capa fina.	69
Figura 4.55 Estructuras de células de capa fina basadas en CdTe-CdS.	70
Figura 4.56 Cubiertas fotovoltaicas en parking y farolas alimentadas con energía fotovoltaica.	72
Figura 4.57 Diagrama del principio de funcionamiento de una planta FV aislada.	73
Figura 4.58 Sistemas conectados a red.	73
Figura 4.59 Diagrama del principio de funcionamiento de una planta fotovoltaica conectada a red.	74
Figura 4.60 Evolución Fotovoltaica de las principales potencias mundiales.	75
Figura 4.61 Esquema de los tipos de radiación.	76
Figura 4.62 Esquema de fenómenos cuando la radiación solar incide sobre un cuerpo.	78
Figura 4.63 Captadores de placa plana.	79
Figura 4.64 Sección de captador de placa plana.	80
Figura 4.65 Captador sin cubierta.	81
Figura 4.66 Captador de aire.	81
Figura 4.67 Captadores de tubos de vacío.	82
Figura 4.68 Captadores parabólicos compuestos.	83
Figura 4.69 Esquema básico de una instalación solar térmica para calefacción.	84
Figura 4.70 Esquema básico de una instalación térmica para refrigeración.	85
Figura 4.71 Climatización en piscinas cubiertas.	86
Figura 4.72 Red de captadores horizontales.	89
Figura 4.73 Sondeo geotérmico vertical.	90
Figura 4.74 Esquema para calefacción de una casa unifamiliar utilizando sondeos de captación de agua en la capa freática.	91
Figura 4.75 Sistema de pilotes energéticos para calefacción y climatización.	92
Figura 4.76 Sistema de pilotes energéticos para calefacción y climatización.	93
Figura 4.77 Pilote con colocación de conductores.	93
Figura 4.78 Esquema del funcionamiento del recuperador de calor en temporada de invierno, donde el aprovechamiento energético es más elevado obteniendo los mayores rendimientos.	98
Figura 4.79 Sensación de confort en función de la temperatura ambiente TRL y de la temperatura de las superficies que rodean el ambiente TF.	99
Figura 4.80 Diferentes perfiles térmicos en función del sistema de calefacción empleado.	100

Figura 4.81 Gráficas con la comparativa de los diferentes sistemas de calefacción en referencia a una supuesta calefacción ideal (izquierda). Como se observa, el SRR es el caso que más se acerca, con temperatura elevada abajo y baja arriba.	104
Figura 4.82 Sección de un suelo radiante donde podemos ver el material que integra este sistema. El acabado del pavimento influirá mucho en la transferencia del calor al ambiente, pero en este caso hablamos de un mármol natural de 2 cm de grosor. Material que según algunas investigaciones es el que permite en mayor grado el paso de calor. (K).	105
Figura 4.83 Calefacción y refrigeración por suelo radiante.....	105
Figura 4.84 Calefacción y refrigeración por techo radiante.	106
Figura 4.85 Calefacción y refrigeración por muro radiante.....	108
Figura 4.86 ejemplo de instalación enterrada de una cisterna de doble pared con reutilización de agua para riego y otros usos domésticos (lavadora, aseos e inodoros). .	109
Figura 5.1 Localización de la vivienda.	110
Figura 5.2 Situación de la parcela en Palazuelo de Torío.	110
Figura 5.3 Losa de hormigón armado de 20 cm.	111
Figura 5.4 Estructura de acero.....	111
Figura 5.5 Panel frigorífico exterior.	112
Figura 5.6 Remate para anclaje de paneles.....	113
Figura 5.7 Panel modular interior.....	113
Figura 5.8 Remate para anclaje de paneles.....	114
Figura 5.9 Grosor materiales constructivos.....	115
Figura 5.10 Panel de cubierta Ondatherm 1150.	116
Figura 5.11 Remate para soporte de cubierta.....	116
Figura 5.12 Perfil viga.....	117
Figura 5.13 Detalle de la pieza de soporte de la viga en tramo recto inclinado.	117
Figura 5.14 Detalle de la pieza de soporte de vigas en el punto de unión de dos aguas de la cubierta.	118
Figura 5.15 Puerta con sistema block.	119
Figura 5.16 Instalación de las placas de pladur.	119
Figura 5.17 Sistema estructural.	120
Figura 5.18 Cálculo del rendimiento térmico.	121
Figura 5.19 Medición del rendimiento térmico.....	122
Figura 5.20 Sistema de transporte.....	122
Figura 5.21 Materiales en el lugar de montaje.....	123
Figura 5.22 Colocación de perfiles en U.	123
Figura 5.23 Colocación de los dos primeros paneles.....	123

Figura 5.24 Colocación de los dos últimos paneles.	124
Figura 5.25 Unión de los paneles del muro y de la cubierta.	124
Figura 5.26 Accesorios de acabado.	124
Figura 5.27 Herramientas necesarias.	125
Figura 5.28 Preparación del sitio.	125
Figura 5.29 Disposición de los paneles.	125
Figura 5.30 Conexión de los paneles, perfiles del suelo y cimientos.	126
Figura 5.31 Aperturas: puertas y ventanas.....	126
Figura 5.32 Planos de fijación.	127
Figura 5.33 Sistema de recogida de agua de lluvia.....	128
Figura 5.34 Detalle de la prueba mecánica del carril.	128
Figura 5.35 Cubierta con 7 railes y 6 colectores solares.....	129
Figura 5.36 Ampliación de la vivienda.	129
Figura 5.37 Mina de hierro.	130
Figura 5.38 Reducción de la contaminación.....	130
Figura 5.39 Acero reciclable.....	130
Figura 5.40 Proceso de reciclaje de paneles sándwich.....	131
Figura 5.41 Beneficios de las casas modulares.....	131
Figura 5.42 Alzado frontal, alzado derecho, alzado posterior y alzado izquierdo.	132
Figura 5.43 Acción del viento.....	133
Figura 5.44 Muro diafragma.	134
Figura 5.45 Panel exterior.....	135
Figura 5.46 Vista realista, vista por planos y vista mallada.	135
Figura 5.47 Creación de perfiles.	136
Figura 5.48 Estructura de la vivienda.	136
Figura 6.1 Regla del rotulador.	137
Figura 6.2 Cajón de persiana Vemax.	138
Figura 6.3 Ventana PVC - Aluminio Vemax con Hoja Oculta.	139
Figura 6.4 Puerta de PVC-Aluminio Vemax.	139
Figura 6.5 Orientación de la vivienda.	140
Figura 6.6 Voladizo del tejado para generar protecciones solares.	140
Figura 6.7 Color de los paneles interiores WHITE 880.	141
Figura 6.8 Color de fachada ZINC 4750 y color de cubierta REGALIZ 47 NP.	141
Figura 6.9 Recuperador de calor.....	142
Figura 6.10 Blower-door-Test.	142

Figura 6.11 Esquema del sistema de recogida de aguas pluviales.	144
Figura 6.12 Depósito de 1.500 L.	144
Figura 6.13 Consumo medio de agua en una vivienda unifamiliar en España.....	145
Figura 6.14 Velocidad media anual del viento en la zona señalada con un círculo, calculada a través de la web del Atlas Eólico de España.	146

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Comparativa LED/incandescente.	13
Tabla 4.1 Ventajas y desventajas de los sistemas de absorción frente a sistemas convencionales de refrigeración.....	22
Tabla 4.2 ventajas y desventajas de los sistemas de adsorción frente a sistemas de absorción.....	23
Tabla 4.3 Sistemas de micro-cogeneración.	35
Tabla 4.4 Precios de venta de energía eléctrica a la red (tarifa regulada vigente para el tercer y cuarto trimestre del año 2012 y primero del año 2013.....	36
Tabla 4.5 Emisión evitada por cada kWh de electricidad generada por energía eólica en lugar de carbón.....	46
Tabla 4.6 Aspectos favorables de un parque de 10 MW.....	46
Tabla 4.7 Características de los aerogeneradores de dos y tres palas.....	53
Tabla 4.8 Parámetros de la velocidad del viento según las clases de aerogeneradores.	54
Tabla 4.9 Ejemplo de características de un aerogenerador.	56
Tabla 4.10 Coste de la energía eólica producida en comparación con otras fuentes.....	57
Tabla 4.11 Comparación de tecnologías en paneles de capa fina.....	71
Tabla 4.12 Comparación tipos de células fotovoltaicas.	71
Tabla 4.13 Ventajas y desventajas de captadores al aire respecto captador plano.	81
Tabla 4.14 Ventajas e inconvenientes de los sistemas de refrigeración solar.	85
Tabla 4.15 Ventajas y desventajas de los colectores horizontales enterrados.....	89
Tabla 4.16 Ventajas y desventajas de sondas geotérmicas.....	91
Tabla 4.17 Ventajas y desventajas cimientos geotérmicos.....	93
Tabla 4.18 Características del suelo radiante.....	99
Tabla 4.19 Ventajas y desventajas del suelo radiante.....	104
Tabla 4.20 Comparativa de las características de suelo radiante y radiadores.	106
Tabla 4.21 Ventajas y desventajas del techo radiante respecto al suelo radiante.	107
Tabla 4.22 Ventajas y desventajas del muro radiante.....	107
Tabla 4.23 Ventajas y desventajas del zócalo radiante.....	108
Tabla 6.1 Tendencias según la disponibilidad por zonas geográficas.	146
Tabla 6.2 Tendencias según el clima.....	147
Tabla 6.3 Tendencias según el sector: residencial y terciario	148
Tabla 6.4 Tendencias según el estado del edificio: nueva construcción o rehabilitación.....	149
Tabla 6.5 Tendencias según el tipo de demanda: calefacción refrigeración o ambas.....	150

1. Introducción.

El sistema de fabricación industrializada es una nueva construcción de viviendas y edificios que integra la máxima calidad constructiva, la última tecnología en protección sísmica y los más exigentes criterios en sostenibilidad ecológica. Es mucho más que un nuevo concepto en la construcción de viviendas que integra tecnología, calidad y ecología.

Este tipo de viviendas se realizan con materiales de la marca *ArcelorMittal*, ofreciéndonos los mejores materiales con las mayores garantías de calidad, así como las mejores soluciones a los problemas planteados.

Los edificios y las viviendas cuentan con el mismo acabado, brindando las mismas sensaciones que una vivienda de ejecución tradicional, diferenciándose únicamente:

- Ahorro en costes.
- Rapidez de ejecución.
- Inmejorable calidad de los acabados finales.

Todo esto es posible gracias a la utilización de procesos industrializados en su fabricación.

Las viviendas se caracterizan por su armonía arquitectónica exterior, su funcionalidad, habitabilidad interior y ligereza.

Sus características técnicas cumplen con las normas europeas en relación de calidad de los materiales, el diseño, los métodos de fabricación, resistencia al viento y al fuego y aislamiento térmico y acústico.

Debe añadirse a lo anterior su óptima relación precio-calidad y la rapidez y facilidad del montaje.

Dentro de este tipo de viviendas, destacamos las denominadas *Passivhaus* cuya finalidad es minimizar el uso de sistemas convencionales de calefacción y refrigeración aprovechando las condiciones climáticas de cada sitio. La expresión “pasivo” se usa para definir el principio de captación, almacenamiento y distribución capaz de funcionar solos, sin aportaciones de energía exterior y que implica unas técnicas sencillas, sin equipos.

Todo edificio se construye con el fin de cobijar y protegernos del ambiente exterior creando un clima interior. Cuando las condiciones del exterior impiden el confort del espacio interior se recurre a sistemas de calefacción o refrigeración.

La mayor parte de la energía que se consume en los edificios, tanto en el sector residencial como en el terciario, se produce a partir de combustibles fósiles, como los derivados del petróleo, que tiene repercusiones negativas sobre el medio ambiente. Por esta razón, este tipo de viviendas están sometidas a estudios para la aplicación de energías alternativas con el fin de reducir dichos efectos. Estas energías satisfacen las necesidades de los usuarios, reduciendo los efectos sobre el medio ambiente y los gastos económicos derivados de los sistemas convencionales.

2. Marco normativo.

En este apartado se pretende realizar el análisis de la normativa que afecta a los criterios de eficiencia energética en el ámbito de la edificación y como consecuencia son parte importante en este proyecto.

Primero se presenta una introducción del marco normativo para contextualizar de donde provienen las ideas de actuar con las medidas legales en factores referentes a la eficiencia energética en los edificios además de desarrollar aquellas que han afectado a nuestro proyecto.

1.1 Introducción.

La crisis del petróleo de 1973 fue la responsable de originar una gran preocupación a nivel mundial en cuanto a la dependencia de los recursos fósiles agotables. En aquellas regiones basadas en la industrialización y en un consumo incontrolado de estos recursos, se desataron unas medidas de desarrollo orientadas hacia fuentes energéticas renovables.

Por otro lado, una década más adelante, los conceptos medioambientales y la situación socioeconómica empezaban a preocupar en vista a un futuro no muy lejano. Fue en 1987 con la publicación del informe Brundtland, también conocido como OurCommonFuture (Nuestro Futuro común), cuando se confirman las predicciones de que el camino seleccionado no era el adecuado y el comienzo a partir del cual se empieza a plantear el concepto de desarrollo sostenible.

Tenemos que tener presente que el sector de la construcción ha sido y sigue siendo uno de los mayores consumidores energéticos. Es por esto que el gobierno plantea la obligación de llevar a cabo medidas reguladoras para limitar dicho consumo, incidiendo tanto en el uso de sistemas activos como en la correcta ejecución constructiva con el fin de limitar las demandas energéticas.

En el 2002 fue publicada la Directiva Europea 2002/91/CE que hace referencia a la eficiencia energética de los edificios, actualmente derogada por la 2010/31/UE, que establece los requisitos de eficiencia energética que deben cumplir los edificios de los diferentes países de la comunidad europea, en función de las condiciones climáticas y las particularidades de cada región o país, así como de los requisitos ambientales interiores y la relación coste-eficiencia con el fin de obtener un sello para asegurar su eficiencia, denominado certificación energética.

Mediante la trasposición de la anterior directiva, cada país miembro tendrá que adoptar una metodología de obligado cumplimiento a escala nacional para la evaluación y certificación de edificios. Dichos estados miembros tendrán que poner en vigor las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas necesarias para dar cumplimiento a lo establecido por la Directiva Europea en un plazo máximo permitido hasta el 4 de Enero de 2006, prorrogado 3 años en el caso de España por escasez de recursos y personal cualificado para la elaboración de alguno de sus artículos. Realizada mediante el Real Decreto 47/2007 del 19 de Enero, donde fue aprobado el procedimiento básico para la certificación energética de los edificios de nueva construcción y grandes reformas.

Esto junto con la aprobación del Código Técnico de la Edificación en 2006 y el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios actualizado el año 2013, se establecieron exigencias mínimas de referencia en cuanto a demanda y eficiencia energética.

1.2 Directiva Europea 2012/27/UE.

La Directiva Europea 2002/91/CE es la que generaliza los requisitos que se deben cumplir por parte de los estados miembros a nivel europeo para afrontar la preocupación existente sobre eficiencia energética en el sector de la construcción.

Esta directiva plantea una serie de requisitos en relación con:

- Metodología común de cálculo de la eficiencia energética integrada de los edificios.
- Aplicación de requisitos mínimos de eficiencia energética en edificios nuevos y edificios grandes que sufran reformas importantes.
- Certificación energética de edificios
- Inspección técnica de sistemas de climatización (calderas, aire acondicionado...)

Estos son los 4 puntos en los que se puede resumir la norma europea que debía de transponerse, como se ha explicado anteriormente, en cada estado mediante la aplicación de una normativa propia para la certificación energética de los edificios.

Actualmente, desde el 25 de Octubre de 2012 entro en vigor la Directiva Europea 2012/27/UE que modifica a la directiva descrita anteriormente a partir del 14 de Noviembre de 2012.

La nueva Directiva de Eficiencia Energética surge en un marco en que se constata que la Unión Europea no va a alcanzar el objeto de aumentar en un 20% la eficiencia energética en 2020. En este contexto ha sido necesario actualizar el marco legal de la Unión en materia de eficiencia energética, creando un marco común, mediante una Directiva que no solo refuerce dicho objeto, sino que también favorezca que las nuevas mejoras de eficiencia energética vayan más allá de 2020.

Cabe señalar que esta nueva Directiva es muy ambiciosa y repercute en todas las políticas de eficiencia energética:

- Modifica la Directiva 2009/125/CE sobre requisitos de diseño ecológico aplicable a productos relacionados con la energía.
- Modifica la Directiva 2010/30/UE sobre etiquetado de productos relacionados con la energía.
- Deroga la Directiva 2004/8/CE de fomento de la cogeneración.
- Deroga la Directiva 2006/32/CE sobre eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos.
- Complementa a la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de edificios, en lo referente a la función ejemplarizante de los edificios de los organismos públicos.

Asimismo, hay que destacar que a la vista de la complejidad de la misma, la Comisión Europea ha publicado, el 6 de Noviembre de 2013, ciertas notas interpretativas referentes a determinados artículos.

1.3 Real Decreto 47/2007. Real Decreto 235/2013 de 5 de Abril.

El Real Decreto 47/2007 describe el procedimiento básico para la realización de la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción en el contexto español.

Determina los diferentes métodos de cálculo de la calificación de eficiencia energética, con los que se podrá iniciar el procedimiento de certificación, teniendo en cuenta aquellos factores de mayor importancia sobre el edificio de nueva construcción o aquellos que se rehabiliten, siempre y cuando tengan unas dimensiones determinadas.

También nos indica las condiciones técnicas y administrativas que se deben llevar a cabo para la formalización de la certificación tanto a nivel de proyecto como de edificio acabado y así aprobar el distintivo común para todo el territorio nacional, es decir, etiqueta de eficiencia energética.

1.4 Real Decreto 314/2006.

El Código Técnico de la Edificación es la normativa actual vigente que marca con un carácter prescriptivo los requisitos mínimos de la edificación. Uno de los apartados más importantes que contiene este CTE es el documento básico HE de ahorro de energía que detallamos dado que es el documento más explícito en relación a las soluciones a adoptar en materia de eficiencia energética. Este documento lo componen los siguientes documentos:

- HE1 Limitación de la demanda energética.
- HE2 Rendimiento de las instalaciones térmicas.
- HE3 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.
- HE4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.
- HE5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.

1.4.1 HE1 Limitación de la demanda energética.

Este primer apartado de la norma establece las condiciones de los elementos constructivos junto con los diferentes procedimientos de verificación que han de llevarse a cabo durante la ejecución de una edificación con el fin de alcanzar los requisitos mínimos de demanda energética. A su vez, este apartado define el ámbito de aplicación y plantea dos procesos de verificación: la opción simplificada o la general.

1.4.2 HE2 Rendimiento de las instalaciones térmicas.

Este apartado nos remite directamente al Real Decreto 2027/2007, Reglamento de las Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE).

1.4.3 HE3 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.

En este tercer apartado, la norma muestra el procedimiento básico de verificación y cálculo que se debe cumplir para cada uno de los casos presentes en el ámbito de aplicación referentes a la iluminación, además de plantear la caracterización y cuantificación de las exigencias.

1.4.4 HE4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.

Este cuarto apartado es aplicable a los edificios de nueva construcción y rehabilitación de edificios existentes de cualquier uso en los cuales existe una demanda de agua caliente sanitaria y/o climatización de piscina cubierta.

Todo ello irá en función de la zona climática y de las diferentes demandas de agua caliente sanitaria que se exponen estableciendo unos porcentajes mínimos que se han de

alcanzar. Es necesario evaluar las pérdidas por orientación e inclinación y sombras de la superficie de captación a la hora de realizar el dimensionado.

Para terminar se establecen unas condiciones de diseño y dimensionado que han de estar presentes en el proyecto así como sus correspondientes cálculos justificados.

1.4.5 HE5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.

Este apartado, en el caso de edificios residenciales, está exento de obligatoriedad. Además plantea los criterios mínimos exigidos para el uso de captación solar destinada a la producción de electricidad.

La normativa también nos plantea, en los diferentes apartados, criterios de mantenimiento de los sistemas y su correcta utilización para prolongar su vida útil.

1.5 Real Decreto 1027/2007 R.I.T.E.

El Reglamento de las Instalaciones Térmicas en los Edificios es actualmente la normativa de carácter general que regula las diferentes instalaciones térmicas que componen los edificios, es decir, climatización, calefacción y producción de agua caliente sanitaria.

Tenemos que tener en cuenta que las instalaciones son un factor imprescindible a la hora de plantearse los valores propios de eficiencia energética en cualquier edificación. Por esto es que resulta útil mostrar la propia descripción de la norma:

“[...] establecer las exigencias de eficiencia energética y seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios destinados a atender la demanda de bienestar e higiene de las personas, durante su diseño y dimensionado, ejecución, mantenimiento y uso, así como determinar los procedimientos que permitan acreditar su cumplimiento”.

Los seis requisitos de eficiencia energética mostrados en la norma son los siguientes:

- Rendimiento energético.
- Distribución de calor frío.
- Regulación y control.
- Contabilidad de consumo.
- Recuperación de energía.
- Utilización de energías renovables.

3. Passivhaus

El estándar Passivhaus se basa en la combinación de un elevado confort interior además de un consumo de energía muy bajo. Esto se logra cuidando al máximo su envolvente mediante grandes aislamientos, carpinterías y vidrios de altas prestaciones, un sistema de ventilación controlada y un aprovechamiento óptimo del soleamiento.

El objetivo del estándar Passivhaus es limitar la demanda de energía a $15 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$ tanto para calefacción como para refrigeración. La energía primaria total demandada por el edificio, incluyendo climatización, iluminación, electrodomésticos, no debe superar los $120 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$.

Los principios básicos que rigen el estándar Passivhaus son:

- Buena envolvente térmica.
- Acristalamiento de altas prestaciones.
- Ventilación mecánica con recuperación de calor.
- Estanqueidad.
- Ausencia de puentes térmicos.

Otro factor que es igual de importante a pesar de que no se incluye directamente en los principios básicos es el de la energía solar pasiva y las ganancias solares que se obtienen. Una buena orientación del edificio y una buena disposición de las estancias dentro de la vivienda suponen una ganancia de energía solar de manera pasiva que en invierno hace que se reduzca considerablemente el consumo de energía en calefacción.

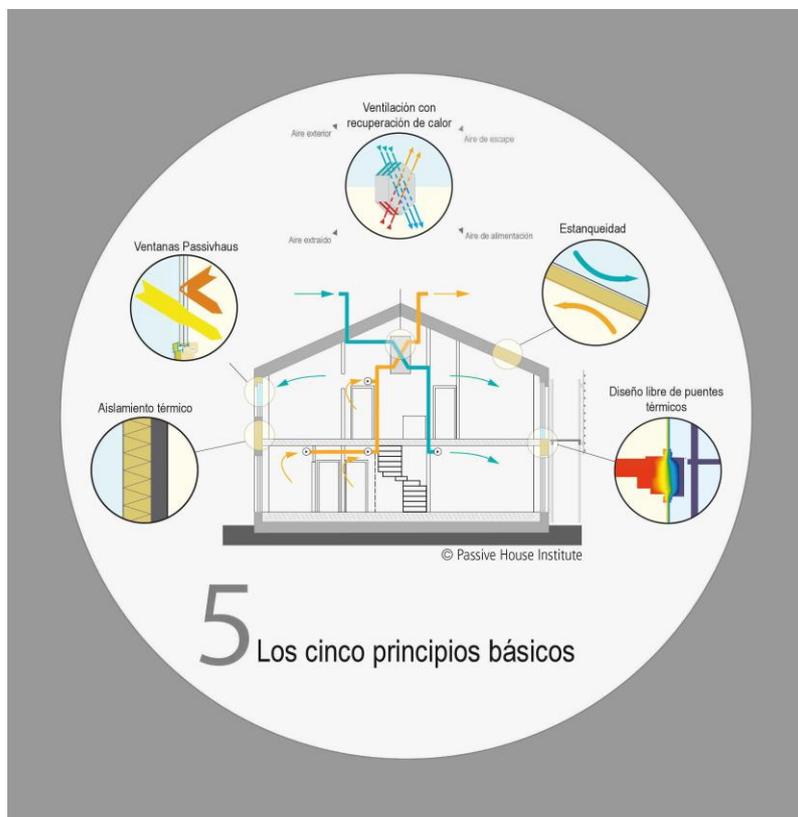


Figura 3.1 Los 5 Principios Básico de una casa pasiva.

3.2. Aislamiento térmico.

Disponer de un muy buen aislamiento térmico para paredes exteriores y cubiertas es beneficioso tanto en invierno como en verano. Contar con una baja transmitancia térmica en los cerramientos exteriores permite disponer de una baja demanda de energía del edificio. En función del clima de la zona donde situemos la vivienda, se puede optimizar el espesor del aislamiento térmico hasta el punto de inflexión, a partir del cual el aumento de grosor es muy poco relevante para llevar a cabo la mejora de la eficiencia teniendo en cuenta el incremento del coste.

3.3. Ventanas, puertas y persianas de altas prestaciones.

Las carpinterías son los elementos más “débiles” de la envolvente, por lo que es necesario prestar especial atención en su correcta ubicación y ejecución. Por ello se emplearán ventanas con doble o triple vidrio, rellenas de gases nobles como argón o criptón, dependiendo del clima, y sin olvidarnos de que las carpinterías deben estar perfectamente aisladas.

3.3.1. Acristalamientos.

La energía del sol llega a los edificios en forma de radiación a través de las ventanas. La radiación se mide en W por m^2 de superficie de acristalamiento y es muy importante debido a:

- Esta radiación puede disminuir la demanda de calefacción.
- Esta radiación puede aumentar la demanda de refrigeración.

Como consecuencia, tenemos un punto positivo y otro negativo, es necesario llevar a cabo un buen diseño basado en la consideración de los beneficios de la radiación solar en invierno y proteger contra los efectos negativos durante el verano con el fin de evitar sobrecalentamiento.

Debemos de tener en cuenta que la radiación que incide sobre cada fachada es diferente, puesto que depende de la orientación de la misma. Por lo tanto, es muy importante conocer la distribución de la radiación con el fin de analizar cómo podemos aprovecharlo. El gráfico muestra la cantidad de radiación en todas las orientaciones durante todo el año.

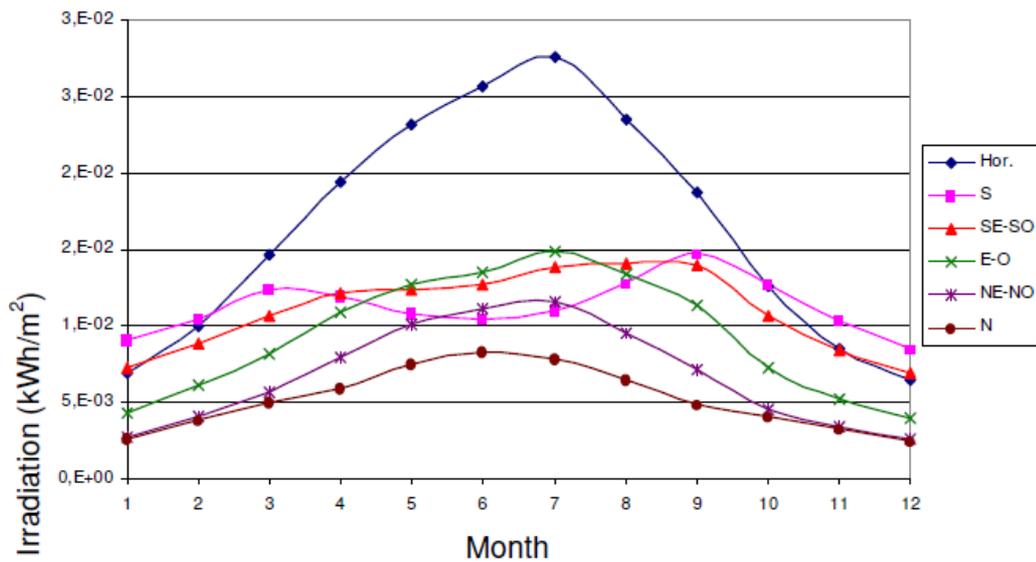


Figura 3.2 Radiación en función de las diferentes orientaciones durante un año.

A pesar de que esta gráfica se ha realizado para un lugar en particular, las tendencias de las curvas son válidas para todas las ubicaciones. Durante el invierno podemos reducir la demanda de calefacción utilizando alta superficie de acristalamiento con orientación sur, y durante el verano sólo tenemos que proteger el acristalamiento mediante la utilización de sombreadamiento.

Por tanto es conveniente diseñar edificios con un alto porcentaje de orientación al sur, entre un 75% y un 100% del total del acristalamiento, protegido de la sombra en verano, ya sea con sombreadamientos móviles o voladizos horizontales.

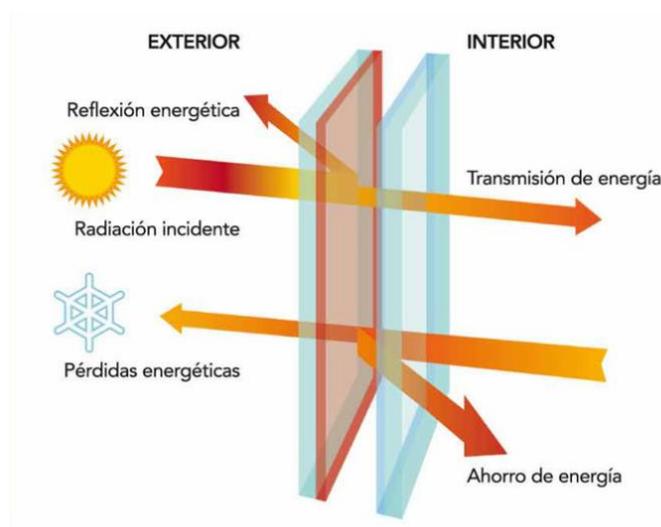


Figura 3.3 Funcionamiento de un vidrio bajo emisivo con respecto a la radiación solar incidente y las pérdidas de calor del ambiente interior.

3.3.2. Persianas.

Las cajas de persiana son uno de los puntos más conflictivos a la hora de mantener la continuidad de aislamiento en el edificio. Por tanto, es uno de los puntos principales a estudiar para evitar los posibles puentes térmicos producidos en esta zona.

Se ha proyectado un sistema de persianas autoportante *Reffstore Vemax* cuya característica principal es la eliminación de la caja de la persiana y con ella una de las mayores vías de pérdidas energéticas en forma de calor. Este revolucionario sistema se basa en una persiana abatible monitorizada que se oculta mediante una caja no registrable del mismo grosor que la cama portante del cerramiento. De esta manera, el aislamiento del panel se ajusta al propio hueco de la abertura, evitando así todos los posibles puentes térmicos.



Figura 3.4 Sección de la persiana y su colocación en el panel autoportante.

Por otro lado, el sistema de lamas con el que se forma la persiana permite dar al usuario la inclinación deseada en cada momento. Este control absoluto de la inclinación permite regular la entrada de luz a las diferentes estancias, permitiendo una entrada directa o una entrada por reflexión en el techo. Esto permite controlar de manera indirecta la aportación calorífica sin limitar la entrada de luz natural a la estancia.

Otro aspecto a tener en cuenta es la optimización de las ganancias solares y del calor interior. El aprovechamiento de las ganancias de calor internas generadas por las personas, los electrodomésticos y la iluminación forman parte del balance energético del edificio. Por esta razón hay que fijar una buena orientación del edificio, de manera que las estancias en las que se llevan a cabo la mayoría de las actividades cotidianas estén orientadas al sur.

3.3.3. Orientación de la vivienda.

Como anteriormente hemos citado, la orientación de la vivienda es una variable de gran importancia en cuanto a la aportación de calor y luz a la misma. Según sean las orientaciones de las diferentes fachadas que conforman la vivienda, ésta tendrá asociada una demanda térmica totalmente diferente.

El concepto de vivienda pasiva otorga gran importancia a una buena orientación del edificio, sin embargo, aparece un problema a la hora de adaptar estos conceptos al medio urbano, donde las geometrías vienen definidas por unas normativas urbanísticas y un entorno urbano ya consolidado.

Una buena orientación hace que disminuya la factura de iluminación artificial, calefacción y refrigeración.

3.3.4. Protecciones solares.

Las protecciones solares son un elemento complementario a la orientación de la vivienda puesto que en función de ésta, hacemos uso de ellos para controlar la radiación solar a lo largo del año.

Los aleros bien calibrados o los toldos y la vegetación caducifolia permiten la protección contra el calentamiento excesivo en verano pero permiten dejar pasar el sol en invierno.

3.3.5. Iluminación natural.

Con la finalidad de reducir el consumo energético de la vivienda, uno de los mayores factores sobre los que incidir es la iluminación. Asegurando una correcta iluminación natural durante las horas diurnas el consumo energético destinado a ese fin resulta muy reducido, por lo que es necesaria la aportación lumínica por los huecos de fachada.

Por ello, la iluminación necesaria depende de la cantidad de luz aportada y además del color y la textura de los cuerpos sobre los que incide la radiación, es decir, paredes y techos. Los colores claros tienen un mayor grado de reflexión, favoreciendo una mayor percepción lumínica sin una aportación de calor vinculada.

3.4. Ventilación mecánica con recuperación de calor.

Este sistema de ventilación consiste en dirigir el flujo de salida de aire a contracorriente con el flujo de entrada para que se produzca un intercambio de calor entre ambos y así acondicionar un poco el flujo de aire de entrada a la vivienda. Esto nos permite ahorrar energía de calefacción en valores comprendidos entre el 15% y el 30% en función de la calidad de las ventanas y puertas respecto a su permeabilidad al aire.

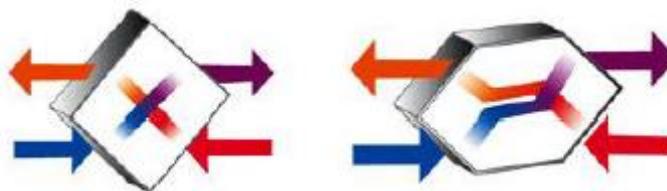


Figura 3.5 Esquema de ventilación mecánica.

Esta ventilación mecánica con recuperación de calor presenta las siguientes ventajas:

- Reducción de aberturas de admisión en la fachada lo que supone mejor estanqueidad y mejor aislamiento acústico.
- Incorporación de elementos de filtrado que elevan la calidad del aire.
- Control continuado de niveles de humedad y CO₂.
- Ahorro de energía al incorporar dispositivos de recuperación de calor.

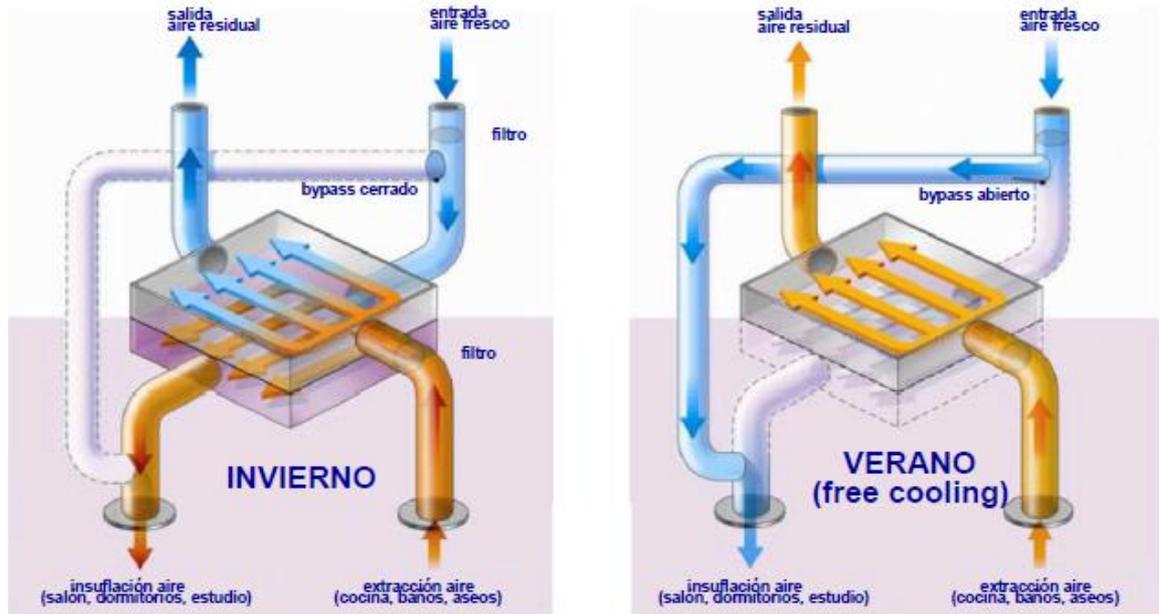


Figura 3.6 Ventilación mecánica controlada en invierno y en verano.

Otra ventilación a tener en cuenta es la ventilación natural cruzada. Se trata de una posibilidad importante de considerar dada la marcada orientación Norte-Sur de la vivienda. Es un recurso muy antiguo, y en periodos estivales, nos permite canalizar el aire proveniente de la orientación más fresca hacia el interior de las estancias solo con permitir el paso natural a través de las aberturas de las dos fachadas opuestas.

3.5. Estanqueidad.

La estanqueidad juega un papel muy importante a la hora de reducir el consumo energético, ya que minimiza las infiltraciones de aire no deseadas que alteraría el confort térmico conseguido en el interior.

Los orificios en la envolvente del edificio son los responsables de una gran cantidad de problemas, particularmente durante los períodos más fríos del año. Existen flujos de aire que van del interior al exterior a través de grietas y huecos, lo que supone un alto riesgo ya que son los causantes de la formación de condensaciones en la construcción. Estas infiltraciones de aire frío producen a los usuarios, a su vez, una sensación de baja confortabilidad.

Debido a que en la mayoría de climas la vivienda Passivhaus requiere un soporte mecánico para el suministro continuo de aire proveniente del exterior, es necesaria una excelente estanqueidad de la envolvente del edificio. Si ésta no es lo suficientemente impermeable, el flujo de aire no seguirá los recorridos planteados y la recuperación del calor no trabajará correctamente, resultando un consumo energético mayor del previsto. Es de gran importancia que una sola capa hermética de aire cubra toda la vivienda.

La estanqueidad puede comprobarse mediante el Blower-door-Test (Prueba de Presurización). Consiste en un ventilador colocado sobre una puerta o ventana exterior creando una diferencia de presión de 50 Pa. La envolvente exterior del edificio ha de tener un resultado inferior a 0,6 renovaciones de aire por hora según EN 13829, que corresponde con un valor de estanqueidad de 50 Pa.

3.6. Ausencia de puentes térmicos.

La transmisión de energía, frío y calor, no sólo aparece en los elementos generales de la vivienda sino también nos la podemos encontrar en las esquinas, ejes, juntas, etc.

Los puentes térmicos son lugares de la geometría lineal o puntual del cerramiento exterior de la vivienda donde el flujo de energía es más grande con respecto a la superficie “normal” del cerramiento, es decir, son puntos en los cuales la envolvente de la vivienda se debilita debido a un cambio en su composición o al encuentro de distintos planos o elementos constructivos.

En la figura se aprecia una imagen térmica de una vivienda durante el invierno. Observamos que las mayores pérdidas de calor se producen en los puntos en los que el aislamiento es menor que en el resto de cerramiento, acristalamientos y cajas de las persianas.



Figura 3.7 Imagen termográfica de los puentes térmicos de una vivienda.

Es

posible eliminar los efectos de los puentes térmicos si adoptamos una serie de reglas:

- No interrumpir la capa de aislamiento.
- En las juntas de los elementos constructivos del edificio, la capa de aislamiento debe unirlas y rellenarlas.
- En el caso de que sea inevitable interrumpir la capa de aislamiento térmico, debemos de usar un material con la resistencia térmica más alta posible.
- Los puentes térmicos reducen las temperaturas superficiales de la cara interior de la pared en inviernos, lo que incrementa el riesgo de formación de moho.
- Eliminar los puentes térmicos supone una reducción de la relación coste-eficiencia, al disminuir las pérdidas por transmisión o la transmisión de cargas de calor.

3.7. Iluminación por LED

Los consumos energéticos dedicados a la iluminación alcanzan cerca de un 15% del total en el sector residencial. La energía consumida por dicha instalación dependerá de la potencia del sistema elegido de alumbrado y el tiempo que esta esté en funcionamiento. Ambos aspectos toman elevada importancia debido a que pueden afectar notablemente a la eficiencia energética de la instalación.

Todo cambio de modelo en este campo requerirá una inversión inicial más elevada pero atendiendo a los consumos obtenidos, el coste de operación y mantenimiento se verán reducidos, obteniendo unos periodos de retorno relativamente reducidos.

Los sistemas LED están destinados a revolucionar los alumbrados dados sus elevadas ventajas en cuanto a consumo y vida útil. La potencia eléctrica de un LED es de 10 W respecto a los 60 W que consumirá una bombilla incandescente. Por otro lado su vida útil se alarga alcanzando las 25.000 h, 25 veces más que cualquier bombilla tradicional. Estos datos, a pesar de su elevado coste inicial, aportan unos ahorros estimados de hasta el 80% durante su fase de explotación.

Tabla 3.1 Comparativa LED/incandescente.

Comparación	Incandescente	LED	Ventajas LED
Potencia	60 W	10 W	80% Ahorro energético
Eficacia luminosa	8-10 lm/W	>50 lm/W	5 veces más eficaz
Factor de potencia	1	>0,9	No hay problemas de energía reactiva
Vida útil	1.000 h	25.000 h	Dura 25 veces más

Es destacable también que los LED no emiten calor al ambiente, por lo tanto se reducen los consumos de climatización.



Figura 3.8 Iluminación mediante LED.

3.8. Utilización de griferías eficientes.

La utilización de griferías eficientes aporta unos ahorros que, sumados a otros como la reutilización de aguas pluviales, reducen aún más el consumo de agua de red. Este tipo de grifos consumen aproximadamente la mitad del agua que puede llegar a utilizar los modelos estándar. Por otro lado cuando se calcula el ahorro que supone la utilización de este tipo de accesorios, debe tenerse en cuenta que, además de la reducción del consumo de agua medida por el contador, generan ahorro energético a la hora de producir agua caliente sanitaria.

Se cuantifica un ahorro del 6% sobre los consumos de agua totales de la vivienda, sin necesidad de una instalación más compleja, únicamente sustituyendo los puntos finales de consumo por griferías que utilizan una menor cantidad de agua. Estos elementos suponen un coste inicial más elevado que un tipo convencional pero, al igual que muchas de las instalaciones nombradas anteriormente, suponen un periodo de retorno y una recuperación de la inversión relativamente cortos.



Figura 3.9 Grifería eficiente.

4. Tecnologías para el autoabastecimiento.

En este punto se van a describir las distintas tecnologías disponibles para el autoabastecimiento de la vivienda. Primero se explicará en qué consiste cada tecnología, enumerando ventajas e inconvenientes de cada tipo de instalación y posteriormente se repasará la trayectoria en España de cada una de ellas.

4.2. Cogeneración y Trigeneración.

4.2.1. Generalidades.

La *cogeneración* es la generación, en un mismo proceso, de energía eléctrica y calor útil. Es aplicable, fundamentalmente, en las industrias que utilizan vapor y/o agua caliente como químicas, papeleras o alimentarias; en las que requieren procesos de secado como minería, cerámica y similares; y en general, en cualquier instalación que consuma calor o frío.

La cogeneración tiene una ventaja, disponer de mayor eficiencia energética, ya que es posible aprovechar tanto el calor como la energía mecánica o eléctrica de un único proceso, en vez de utilizar una central eléctrica convencional y una caldera convencional en el caso de la necesidad de calor. Además tenemos que tener en cuenta que la electricidad se produce cerca del punto de consumo, evitando así cambios de tensión y transporte a larga distancia.

El aprovechamiento de la energía química combustibles del 25% al 46%, sobre el poder calorífico inferior, al generar electricidad mediante una dinamo o alternador, movidos por un motor térmico o una turbina. El resto debe dispersarse en forma de calor. Otro punto a destacar es el aprovechamiento de una parte importante de energía térmica que normalmente se disiparía a la atmósfera o a una masa de agua, evitando así tener que volver a generarla mediante una caldera. Esto a su vez, evita los posibles problemas que se generan a consecuencia del calor no aprovechado.

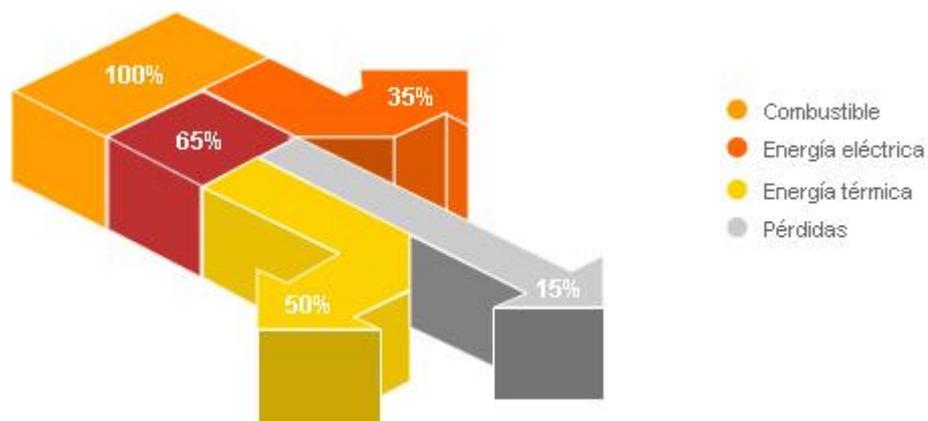


Figura 4.1 Esquema eficiencia cogeneración.

La *trigeneración* es un procedimiento similar a la cogeneración en el que, además de producción de energía eléctrica y calor, típicos de la cogeneración, permite conseguir frío. Todo ello a partir de un mismo combustible o una misma fuente de energía primaria.

Estos sistemas de trigeneración aparecen con la llamada generación distribuida o descentralización, cuyo fin es localizar el sistema de generación en el mismo lugar donde se encuentran los usuarios finales, o muy cerca de los mismos.

Para este tipo de sistemas la fuente de energía primaria utilizada, puede ser un combustible fósil como el gas natural o también fuentes de energías renovables o incluso calor residual de procesos industriales, lo que supone más ventajas medioambientales. Además, si la fuente de energía es renovable, permite la producción de electricidad, calor y frío de forma independiente de la red eléctrica y del consumo de combustibles fósiles. Con todo esto se reduce la dependencia del exterior, garantizando la seguridad de suministro e independencia energética a los usuarios. Como energía primaria es posible la utilización de biomasa, energía solar térmica, energía geotérmica e incluso combinaciones de varias de ellas.

Como consecuencia de su alto rendimiento, las plantas de trigeneración permiten una gran reducción del coste energético en los procesos productivos en aquellos lugares donde se requieren grandes cantidades de calor en forma de vapor o agua caliente, frío industrial o energía eléctrica.

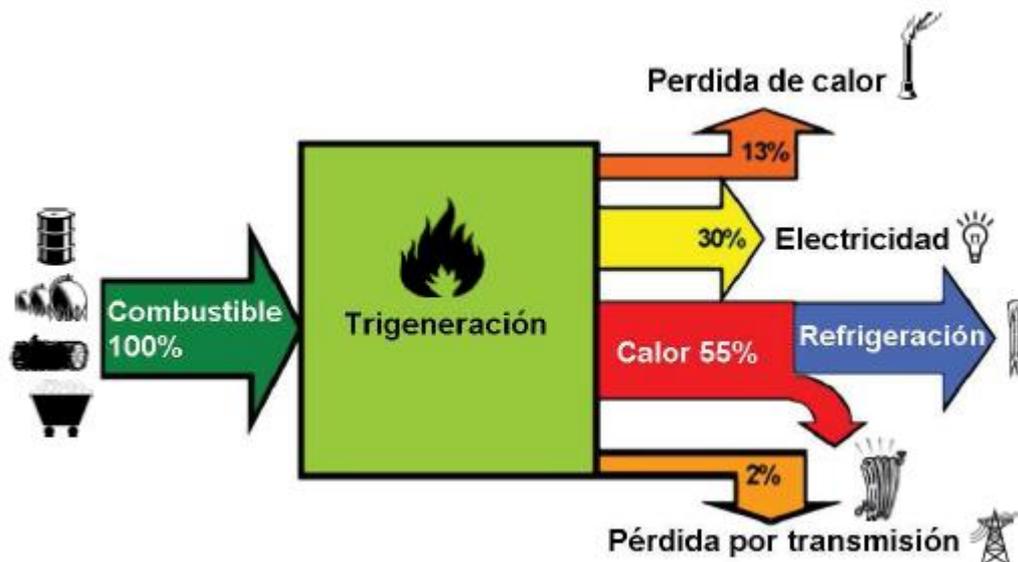


Figura 4.2 Rendimiento de una instalación de trigeneración.

La trigeneración es aplicable al sector terciario, donde se requiere, además de calefacción y agua caliente, importantes cantidades de frío para la climatización, la cual es responsable del consumo de gran parte de la demanda eléctrica. La estacionalidad de estos consumos, calefacción en invierno y climatización en verano, no permitiría la normal operación de una planta de cogeneración clásica.

Con la instalación de una máquina de absorción, podemos obtener una curva de demanda térmica más homogénea a lo largo del año, permitiendo aumentar el tamaño de la instalación de cogeneración.

Estas máquinas de absorción se emplean cuando existe una demanda de frío, ya sea en algún proceso de fabricación, congelación o conservación, climatización y una energía residual.

El calor residual puede ser aportado por diferentes fluidos térmicos, ya sea vapor, agua caliente, agua sobrecalentada o gases calientes.

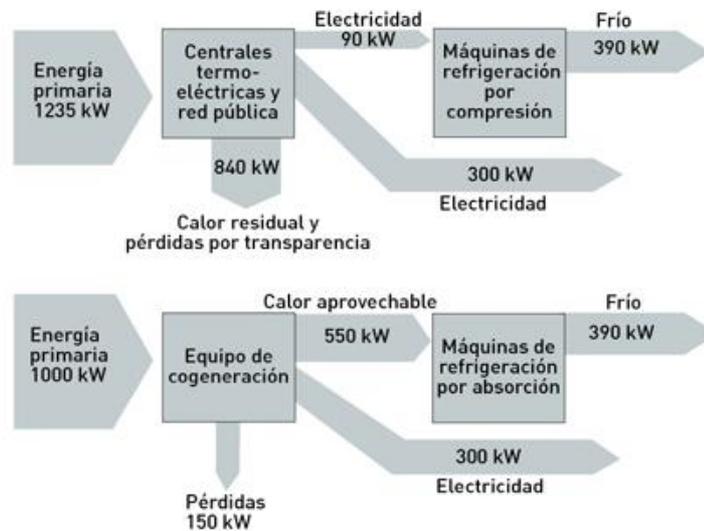


Figura 4.3 Generación energética convencional frente a Trigeneración.

4.2.2. Ventajas.

- Reducción de la distancia generador-consumidor y, por tanto, reducción de las pérdidas en la red por transmisión y distribución de electricidad.
- Debido al aprovechamiento del calor residual se consiguen mayores rendimientos, y por tanto menor consumo de energía primaria.
- Se puede plantear el aprovisionamiento energético mediante cogeneración durante la electrificación de determinadas zonas alejadas de la red. Son zonas en las que se dispone o se van a implantar centros que demande electricidad y calor como en el caso de polígonos industriales, parques empresariales, zonas comerciales, etc.
- Posible reducción de los picos de consumo, es decir, “aplanamiento” de la curva de demanda como consecuencia de la generación distribuida.
- Garantía de suministro y fiabilidad del sistema. Independencia total o parcial del suministro eléctrico exterior.
- Aumento de la fiabilidad del suministro de energía. La planta de cogeneración conectada a la red eléctrica, en caso de interrupción de la operación de la planta o del suministro eléctrico de la red, garantiza un funcionamiento ininterrumpido de la unidad. Esto, disminuye la necesidad de instalación de grandes centrales eléctricas y mejora la estabilidad de la red eléctrica del país.
- Incremento de la estabilidad de la red eléctrica. Las unidades de trigeneración suponen un alivio significativo, durante los meses calurosos de verano, a las redes eléctricas. Las cargas de refrigeración se transfieren de las redes eléctricas a las redes de combustibles fósiles, puesto que el proceso de refrigeración cambia de los ciclos de compresión generalizados a los de absorción. Esto incrementa notablemente la estabilidad de la red eléctrica mejorando la eficiencia del sistema. Esto se produce porque los picos del verano son cubiertos por empresas

eléctricas mediante unas ineficaces unidades de reserva y líneas de transporte de electricidad sobrecargadas.

- Se introducen tecnologías más eficientes y competitivas.
- Se utilizan combustibles más limpios como el gas natural, en vez de petróleo o carbón.
- Se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero contaminantes, ya que para la producción de una misma cantidad de energía útil, es posible consumir menor cantidad de combustibles.
- Descentralización de los focos de emisión.
- Se produce un ahorro económico. Que la industria adopte un sistema de cogeneración no supone una disminución de energía térmica ni eléctrica, sino que se produce una reducción de la demanda de electricidad a la compañía suministradora, incluso llevándose a cabo un aporte de electricidad a la red, y un aumento del consumo del combustible. La diferencia entre la reducción de los costes de energía eléctrica respecto del aumento de los costes de combustible va a tener como consecuencia el ahorro económico. Este ahorro económico puede aumentar cuando se producen ahorros por venta de electricidad. En consecuencia, la diferencia entre el precio de la energía eléctrica y el precio de los combustibles va a ser un factor determinante en cuanto a la rentabilidad del sistema de cogeneración.

4.2.3. Inconvenientes.

- Se produce una inversión adicional y además, en una actividad apartada de las líneas normales de actuación de la empresa.
- Al aumentar el consumo de combustible en la propia instalación aumenta la contaminación local.

4.2.4. Componentes de los sistemas de cogeneración.

Una planta de trigeneración está compuesta por los mismos elementos que una planta de cogeneración y además posee un sistema de absorción para la producción de frío.

Los sistemas de cogeneración en los cuales se integran máquinas de absorción para la producción de frío son aquellos que emplean motores alternativos o turbinas de gas, ya sea en ciclo simple como combinado.

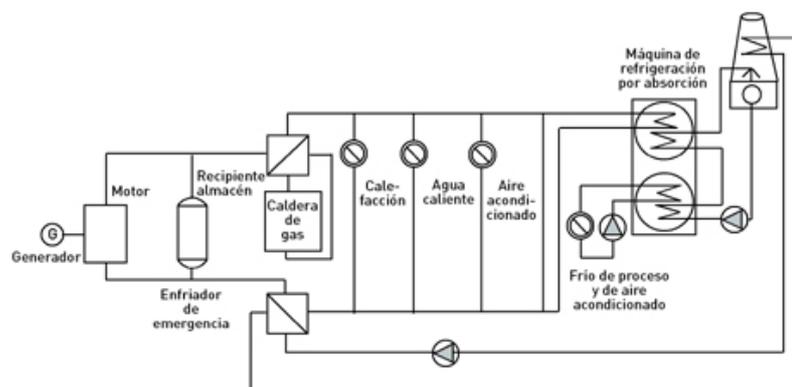


Figura 4.4 Sistema de trigeneración.

4.2.4.1. Plantas con motores alternativos.

Se trata de motores de combustión interna los cuales generan energía mecánica a partir de la energía que se desprende durante la reacción de combustión de un combustible.

Para este tipo de motores en sistemas de cogeneración en el sector industrial el rango de potencias más habitual es de 100 kW a 1.000 kW y poseen un rendimiento entre el 30% y 35%.

Presentan gran flexibilidad en su funcionamiento.

La energía térmica generada por el motor alternativo ronda el 60% - 70%, puesto que la eléctrica supone aproximadamente un 30%, y proviene de:

- Refrigeración del motor.
- Refrigeración del aceite de lubricación.
- Gases de escape.

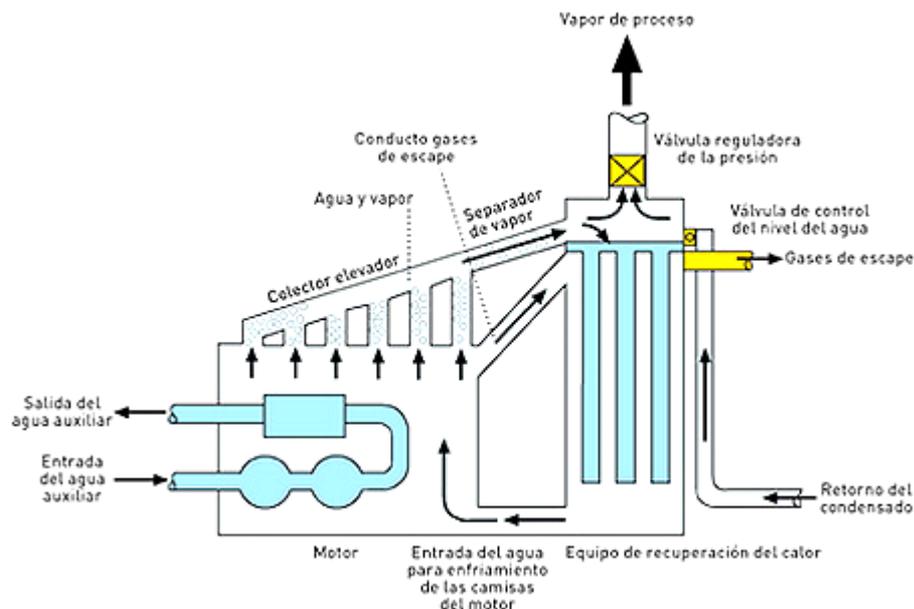


Figura 4.5 Planta con motor alternativo.

4.2.4.2. Plantas con turbinas de gas.

Poseen un rendimiento de conversión inferior al de los motores alternativos.

Una de las ventajas más importantes es la fácil recuperación del calor, concentrada casi en su totalidad en los gases de escape. Esto es debido a que los gases de escape se encuentran a temperaturas entorno a los 500 °C, idóneas para producir vapor en un generador de recuperación.

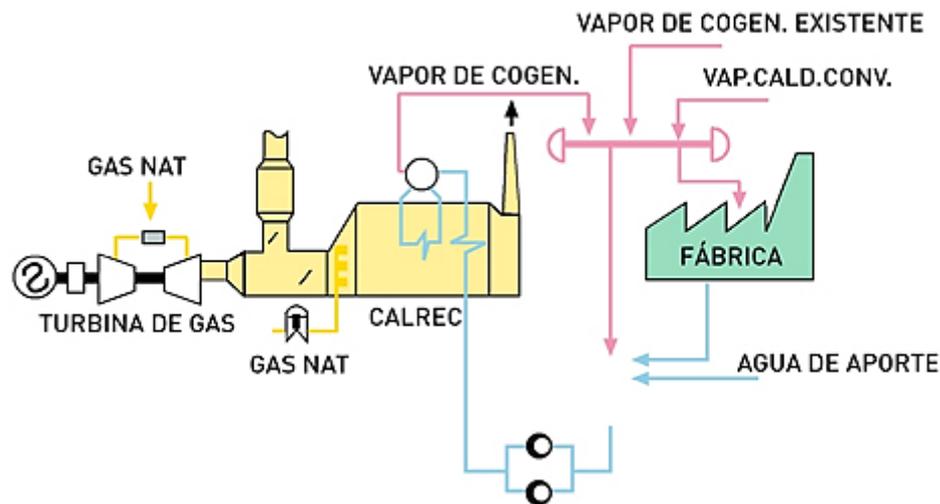


Figura 4.6 Planta con turbina de gas.

Podemos encontrarlos dos tipos:

- Ciclo simple, cuando el vapor se produce a la presión de utilización del usuario.
- Ciclo combinado, cuando el vapor se genera a alta presión y temperatura para su expansión previa en una turbina de vapor.

4.2.4.3. Sistemas de refrigeración a partir de calor.

4.2.4.3.1. Sistemas de absorción.

El proceso físico consiste como mínimo en dos componentes químicos, de los cuales uno actuará como refrigerante y el otro como absorbente o adsorbente.

Las máquinas de absorción son como bombas de calor, ya que permiten traspasar energía de una fuente a baja temperatura a otra a alta temperatura con un consumo de energía adicional, en este caso es térmica. Según las etapas del proceso las máquinas serán de simple efecto o de doble efecto.

4.2.4.3.2. Máquina de absorción de simple efecto.

La mayoría de las máquinas de absorción utilizan agua como refrigerante y bromuro de litio como absorbente. Existen combinaciones como agua con cloruro de litio y amoníaco con agua.

Comparadas con las máquinas convencionales de refrigeración por compresión, la unidad de compresión mecánica es sustituida por una unidad de compresión térmica con un absorbedor y un generador. Con la evaporación del refrigerante (agua o amoníaco) en el evaporador a baja presión se consigue el efecto enfriador.

Funcionamiento de la máquina de absorción de simple efecto:

1. El refrigerante se evapora en el evaporador a baja temperatura y presión, extrayendo así el calor del fluido que se quiere enfriar.
2. El vapor de refrigerante llega a al absorbedor donde es absorbido por la solución concentrada.

3. Se bombea la solución producida por el absorbedor hasta el generador por se calienta por encima de su punto de ebullición mediante energía solar.
4. A una elevada presión y temperatura el refrigerante se separa de la solución y vuelve al absorbedor. Y el vapor de refrigerante a alta presión circula hasta el condensador. En este proceso se debe disipar el calor del vapor para obtener la fase líquida.
5. Mediante una válvula de expansión se reduce la presión del líquido refrigerante y este fluye hacia el evaporador.

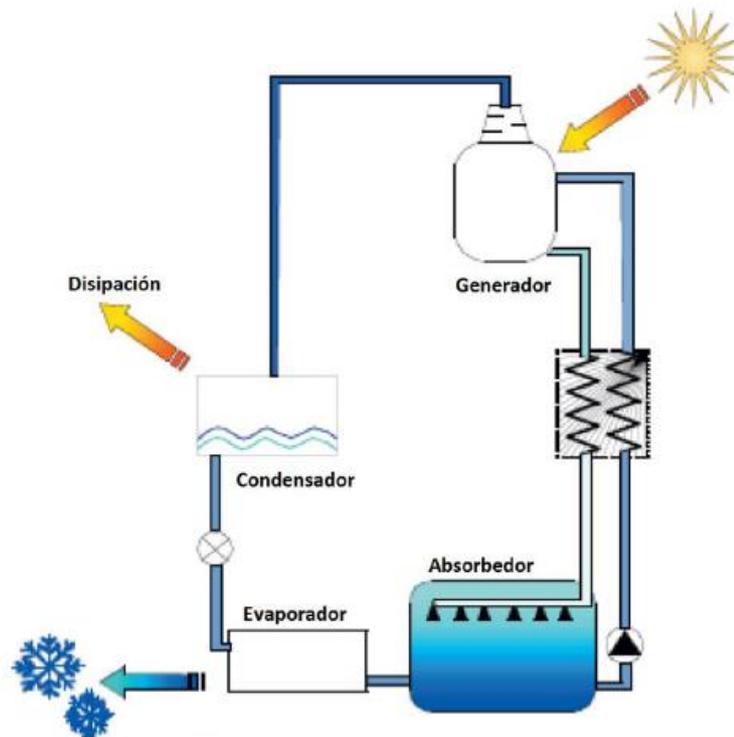


Figura 4.7 Proceso de máquina de simple efecto.

5.1.4.3.3. Máquina de absorción de doble efecto.

Normalmente están compuestas por dos generadores y dos condensadores que trabajan para una única combinación de absorbedor-evaporador. El proceso de funcionamiento es similar a los anteriormente explicados, consta de los siguientes pasos:

1. La solución pobre sale del absorbedor y llega a los dos generadores que se encuentran conectados en serie, esta solución se regenera en dos fases por ambos generadores.
2. El calor absorbido por los captadores se aplica sobre el generador de alta temperatura y mientras el generador de baja temperatura recibe el calor expulsado por el condensador de alta temperatura.
3. Los condensados procedentes de ambos condensadores se expanden en el evaporador.

Estos sistemas no es conveniente utilizarlos con captadores solares comunes ya que emplean temperaturas de trabajo elevadas, más adecuado sería emplear algún tipo de captador parabólico.

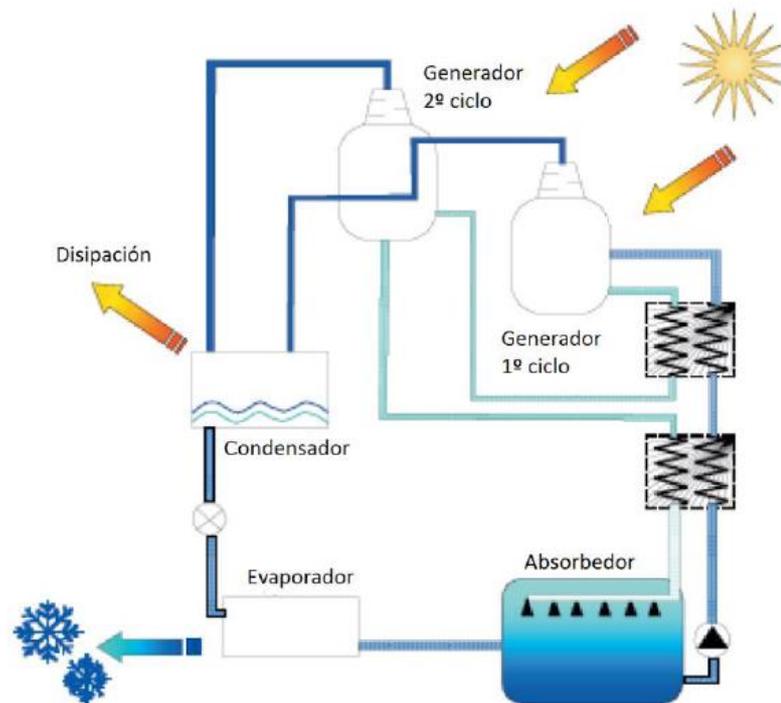


Figura 4.8 Proceso de máquina de doble efecto.

Un inconveniente de los sistemas de absorción frente a los convencionales de aire acondicionado es su rendimiento. En el caso de máquinas de absorción se obtienen 0,8 unidades de frío por cada unidad de calor entrante y en los equipos de refrigeración convencional se pueden obtener hasta 2 unidades de frío por cada unidad de electricidad entrante.

Tabla 4.1 Ventajas y desventajas de los sistemas de absorción frente a sistemas convencionales de refrigeración.

SISTEMAS DE ABSORCIÓN FRENTE A SISTEMAS CONVENCIONALES DE REFRIGERACIÓN	
<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Reducción de las emisiones de CO₂ ya que no se utilizan compresores mecánicos. ○ Menor demanda de electricidad. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Menor rendimiento. ○ Mayor coste. ○ Mantenimiento más complejo.

Estos sistemas pueden ser adecuados cuando obtenemos la energía térmica de una fuente que es rentable, como podría ser el caso de energía solar.

5.1.4.3.4. Sistemas de adsorción.

Se entiende por adsorción el proceso físico consistente en la selección preferencial de los elementos de una solución en fase líquida o gaseosa que quedan atraídos por un sustrato sólido adsorbente, que normalmente tiene un grado de porosidad alto. Por lo tanto en lugar de utilizar un absorbente líquido emplean adsorbente sólido.

Este tipo de sistemas cuentan con dos fases en la etapa de refrigeración, una de refrigeración-adsorción y otra de regeneración-desorción. En el generador se evapora el refrigerante y es adsorbido por una sustancia de alta porosidad. En el proceso de regeneración el adsorbedor se calienta hasta que el refrigerante se separe volviendo al evaporador, que actúa como condensador.

Los sistemas normalmente utilizan agua con refrigerante y gel de sílice como adsorbente. Se está estudiando el uso de zeolitas (minerales con gran capacidad de hidratarse y deshidratarse reversiblemente) como material de adsorción.

Tabla 4.2 ventajas y desventajas de los sistemas de adsorción frente a sistemas de absorción.

SISTEMAS DE ADSORCIÓN FRENTE A SISTEMAS DE ABSORCIÓN	
<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Las temperaturas de trabajo del generador son más bajas en adsorción que en la máquina de simple efecto de absorción. ○ No hay riesgo de cristalización por lo que no hay límite inferior de temperatura del agua de refrigeración. ○ Normalmente no se necesita bombeo en estos sistemas, lo que hace que sea mínimamente ruidoso. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Volumen y peso alto en comparación con los sistemas de absorción. ○ Alto precio.

5.1.4.3.5. Sistemas de refrigeración desecantes y enfriamiento evaporativo.

Estos sistemas absorben aire y lo deshumidifican con un desecante sólido o líquido, lo enfrían quitándole el calor sensible y posteriormente se pone en contacto con agua para re-humidificarlo. De esta manera se puede alcanzar el grado de humedad y temperatura adecuadas para climatizar.

El funcionamiento de las máquinas desecantes consta de los siguientes pasos:

1. Se extrae la humedad del aire en la rueda deshumidificadora mediante un material desecante. El aire se calienta por acción del calor de la adsorción.
2. Pasa por la rueda recuperadora de calor donde se produce un pre-enfriamiento del aire que entra, con el flujo del aire que sale del edificio.

- Se produce la refrigeración evaporativa del aire hasta la humedad y temperatura necesarias a través del humidificador.

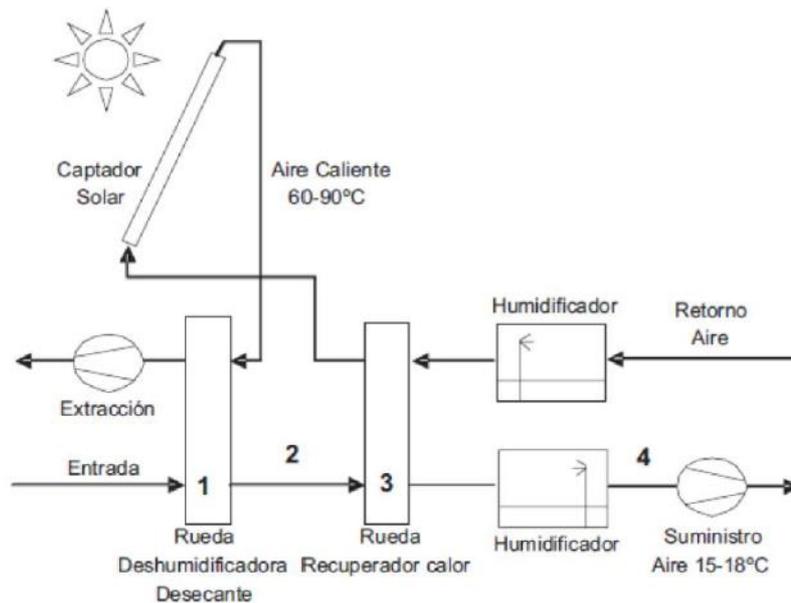


Figura 4.9 Esquema de sistema de enfriamiento evaporativo con deshumidificación.

4.2.5. Aplicaciones de la cogeneración.

La cogeneración es considerada como una de las mejores tecnologías disponibles para la utilización de combustibles. El tipo y características de la planta han de adaptarse a la utilización para poder obtener el máximo partido. Dentro de los sistemas disponibles hay muchas posibilidades. Para obtener las mejores prestaciones y, por tanto, el máximo ahorro energético, la máxima rentabilidad y mínimas emisiones, es necesario disponer de una adecuada configuración, dimensionado y diseño de la planta.

Al fin y al cabo, para cada aplicación hay un diseño mejor. En cada planta se ha de decidir, en primer lugar, el tipo de ciclo (ciclo simple como motor de gas, con turbina, ciclo combinado, trigeneración, etc...), en segundo lugar, el tamaño de la planta y por último el diseño de los auxiliares encargados de sacar el mayor partido a los equipos principales.

4.2.5.1. Tipos de plantas de cogeneración.

4.2.5.1.1. Cogeneración con turbina de gas de ciclo simple.

En los sistemas con turbina de gas se quema combustible en un turbo-generador. Parte de la energía se transforma en energía mecánica, que con la ayuda de un alternador, se transformará en energía eléctrica. Por lo general, poseen un rendimiento eléctrico inferior al de los motores alternativos, pero con la ventaja de que permiten la recuperación fácil de calor, concentrado en su totalidad en los gases de escape, cuya temperatura es de 500 °C, adecuada para producir vapor en una caldera de recuperación.

El sistema del ciclo simple consta de una turbina de gas y una caldera de recuperación, generando vapor directamente a la presión de utilización en la planta de

proceso asociada a la cogeneración. Cuando las necesidades de vapor son importantes (>10 t/h), situación que se da fácilmente en numerosas industrias (alimentación, química, papelería), es adecuada su aplicación. Estas plantas son de gran fiabilidad y económicamente rentables a partir de un determinado tamaño y cuando poseen un número importante de horas de funcionamiento con demanda de calor continua.

Cuando la demanda de vapor (o calor de una forma más general) es mayor que la que pueden facilitar los gases de escape, se puede producir una cantidad adicional mediante la utilización de un quemador de postcombustión, introduciendo combustible directamente a un quemador especial, situado en la caldera. Todo esto es posible debido a que los gases de escape son aun suficientemente ricos en oxígeno. Por el contrario, el escape de un motor alternativo posee un contenido de oxígeno menor del que permite una combustión segura, por ellos es necesario enriquecerlo previamente con oxígeno, si se desea hacer la postcombustión. Ante esta dificultad, se suele optar por mantener calderas auxiliares de reserva para disponer de ellas en el caso de necesidades suplementarias de calor.

El diseño del sistema de recuperación de calor es fundamental, debido a que la economía del proyecto está directamente ligada al mismo, puesto que el peso de la recuperación del calor en la rentabilidad es mayor que en las plantas con motores alternativos.

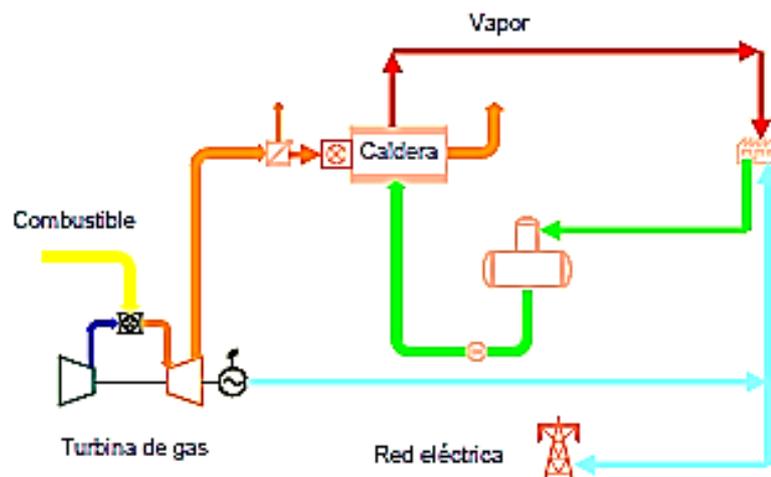


Figura 4.10 Planta de cogeneración con turbina de gas.

No debemos de olvidar que existe la posibilidad de aprovechar los gases de escape, sin necesidad de hacerlos pasar por la caldera. Dichos gases pueden ser utilizados en aplicaciones tales como secaderos, ya sea aplicando directamente el gas de escape sobre el material a secar o a través de un intercambiador gas-aire.

4.2.5.1.2. Cogeneración con turbina de vapor.

La energía mecánica de estos sistemas se produce por la expansión de vapor de alta presión procedente de una caldera convencional. Según nos cuenta la historia, este ciclo fue el primero en usar la cogeneración. En la actualidad, su aplicación ha quedado limitada como complemento para ciclos combinados o en instalaciones que utilizan combustibles residuales, como biomasa o residuos.

En función de la presión de salida del vapor de la turbina se pueden clasificar en:

- Turbinas a compresión, donde esta presión está por encima de la atmosférica.
- Turbinas a condensación, donde la presión está por debajo de la atmosférica y han de estar provistas de condensador.

La aplicación típica de cogeneración es con turbina de vapor a contrapresión, siendo el vapor del escape de la turbina el que se envía al proceso.

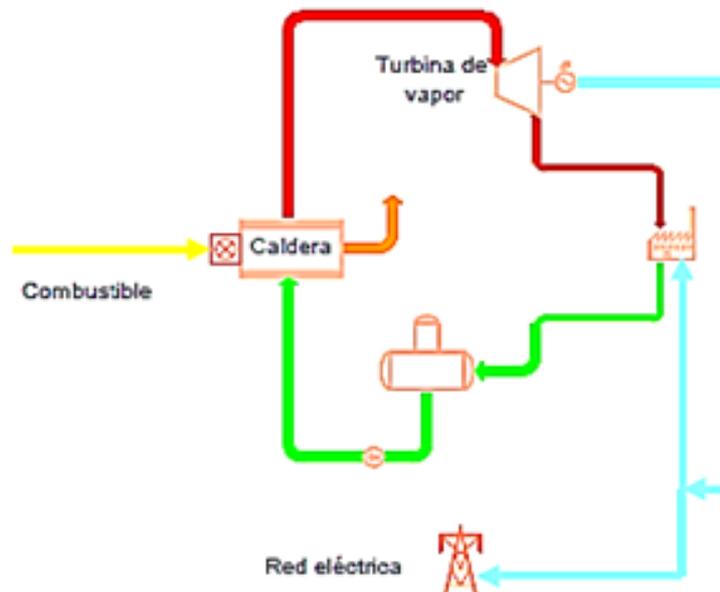


Figura 4.11 Planta de cogeneración con turbina de vapor.

4.2.5.1.3. Cogeneración en ciclo combinado con turbina de gas.

Se denomina ciclo combinado a la aplicación conjunta de dos ciclos:

- El ciclo del gas (ciclo Bryton de la turbina de gas).
- El ciclo Agua-vapor (ciclo Rankine de la turbina de vapor).

Los gases de escape de la turbina de gas atraviesan la caldera de recuperación, donde se produce vapor de alta presión. Este vapor se expande en una turbina de vapor produciendo energía eléctrica adicional. El escape de dicha turbina será vapor de baja presión, que puede aprovecharse como tal o condensarse en un condensador presurizado, produciendo agua caliente o agua sobrecalentada, que será utilizado en la industria asociada. Cuando la demanda de calor disminuye, el vapor sobrante en el escape de la turbina puede condensarse, por lo que no se pierde toda la energía de los gases, sino que al menos se produce una cierta cantidad de electricidad.

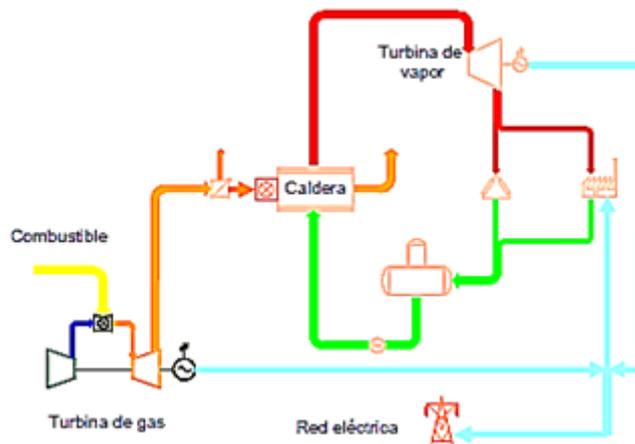


Figura 4.12 Planta de cogeneración en ciclo combinado con turbina de gas.

El proceso de vapor de un ciclo combinado con turbina de gas es esencial para maximizar la eficiencia del mismo. En función de las condiciones de los gases de escape de la turbina de gas y de las condiciones de vapor necesarias para la fábrica, seleccionamos la presión y temperatura del vapor vivo. Para ello se demanda un diseño adaptado al consumo de la planta industrial asociada a la cogeneración, que disponga de gran flexibilidad para posibilitar su trabajo eficiente en situaciones alejadas del punto de diseño, al mismo tiempo que maximice la energía eléctrica producida por la turbina de vapor.

Una variante del ciclo combinado expuesto, en el cual la turbina de vapor trabaja a contrapresión (esto es, expande el vapor entre una presión elevada y una presión inferior, siempre superior a la atmosférica) es el ciclo combinado a condensación, en el cual en la turbina de vapor, se lleva a cabo el aprovechamiento del calor proveniente del primer ciclo, quedando esta como elemento final del proceso. El vapor de salida se condensa en un condensador que trabaja a presión inferior a la atmosférica, para que así el salto térmico sea el mayor posible. Este es el ciclo de las centrales eléctricas de ciclo combinado.

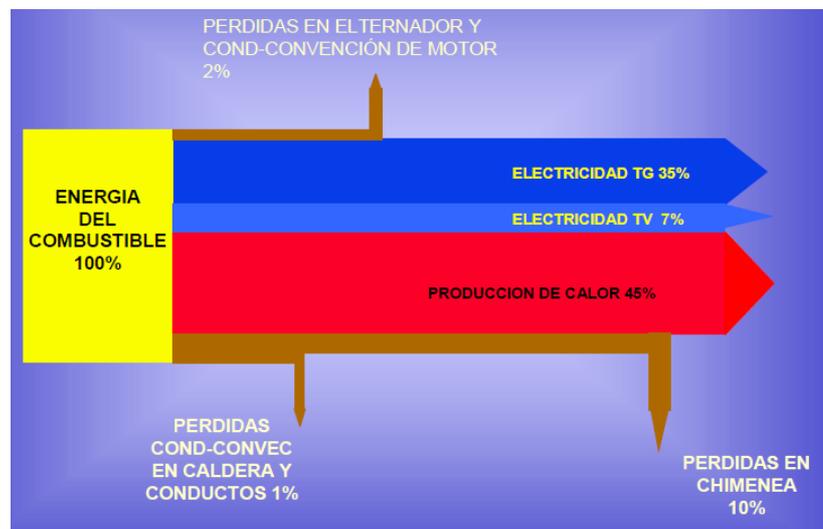


Figura 4.13 Diagrama de Sankey de Planta de cogeneración en ciclo combinado con turbina de gas.

4.2.5.1.4. Cogeneración con motor alternativo de gas o fuel en ciclo simple.

Se utiliza como combustible gas, gasóleo o fuel-oil. Por lo general, se basan en la producción de vapor a baja presión (hasta 10 bares) o aceite térmico así como el aprovechamiento del circuito de agua de refrigeración de alta temperatura del motor. Son también adecuadas para la producción de frío por absorción.

Este modelo de instalaciones son apropiadas para potencias bajas (hasta 15 MW), en las que la generación eléctrica es muy importante en el peso del plan de negocio. Los motores son las máquinas térmicas que han alcanzado mayores rendimientos.

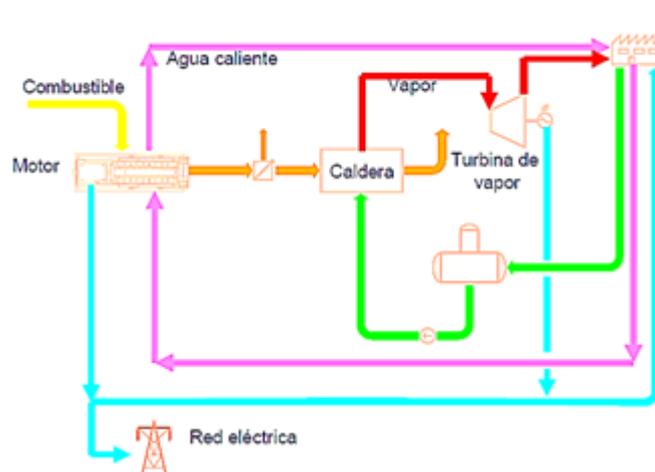


Figura 4.14 Planta de cogeneración con motor alternativo.

El reparto de energía en una planta con motor alternativo es aproximadamente como se muestra en la siguiente figura (se ha representado el caso de un motor de gas del orden de 3 ó 4 MW).

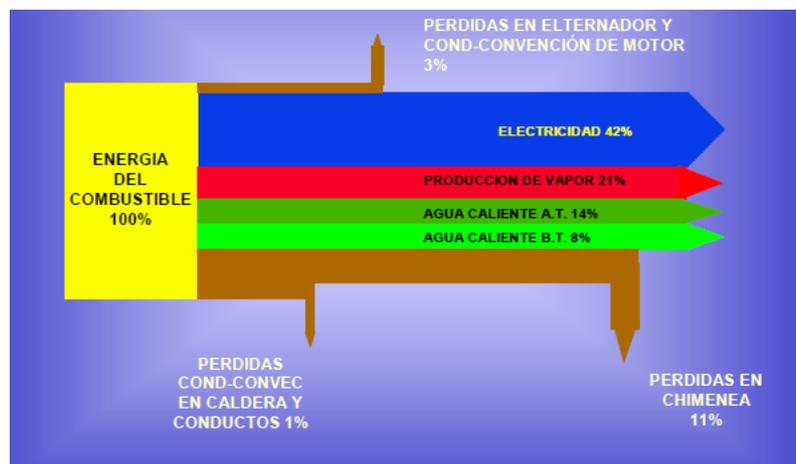


Figura 4.15 Diagrama de Sankey de planta de cogeneración con motor de gas.

4.2.5.1.5. Cogeneración con motor alternativo de gas o fuel. Ciclo simple para aprovechamiento de gases directos.

Existe la posibilidad de aprovechar directamente el calor de los gases de escape sin hacerlos pasar por una caldera. El gas de escape puede ser utilizado en aplicaciones tales como secaderos, ya sea aplicando el gas de escape directamente sobre el material a secar o a través de un intercambiador gas-aire. Este último es el representado en la figura

4.16, donde se aprovechan en cascada el calor del circuito de alta temperatura (circuito AT) de motores y el de los gases para calentar aire. Además es posible recuperar una parte del calor de radiación del motor si se toma el aire a calentar de la sala de dicho motor.

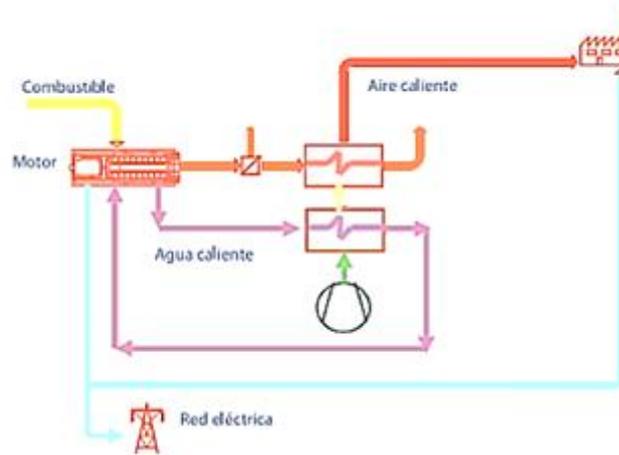


Figura 4.16 Diagrama de proceso de planta de cogeneración con motor de gas, para generación de aire caliente.

4.2.5.1.6. Cogeneración en ciclo combinado con motor alternativo.

En este tipo de plantas, el calor contenido en los gases de escape del motor se recupera en una caldera de recuperación, produciendo vapor que es utilizado en una turbina de vapor para poder producir más energía eléctrica o energía mecánica. El circuito de refrigeración de alta temperatura del motor se recupera en intercambiadores, al igual que el calor de los gases que abandonan la sección de generación de vapor hacia la turbina de vapor. Este calor recuperado se utiliza directamente en la industria asociada a la planta de cogeneración. La planta posee un rendimiento eléctrico elevado, al contrario que el térmico que disminuye considerablemente. Es interesante para plantas con demandas de calor bajas. No debemos de olvidar que el aprovechamiento del calor de escape de la turbina de vapor también puede ser aprovechado, mejorando el rendimiento global.

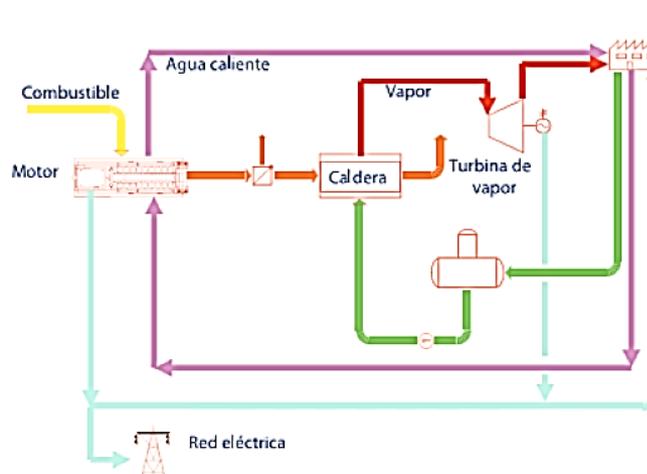


Figura 4.17 Planta de cogeneración en ciclo combinado con motor alternativo.

4.2.5.1.7. Trigeneración.

La trigeneración suele referirse a la generación simultánea de tres tipos de energía:

- Energía eléctrica.
- Energía térmica en forma de calor (agua sobrecalentada o vapor)
- Energía térmica en forma de frío.

El frío se obtiene mediante la transformación de todo o parte del agua caliente, sobrecalentada o vapor en agua fría, utilizando equipos de absorción (de amoníaco o de bromuro de litio), que poseen un ciclo termodinámico cuyos principios se conocen desde antes que los del ciclo de compresión de las máquinas frigoríficas convencionales. La siguiente figura muestra el esquema de una de estas plantas.

La trigeneración, permite a la cogeneración, que inicialmente no era económicamente viable en centros que no consumieran calor, acceder a centros que precisen frío que se produzca con electricidad. Permite a la industria del sector alimentario ser cogeneradores potenciales. Asimismo, permite la utilización de cogeneración en el sector terciario (hoteles, hospitales, centros educativos, etc.) donde además de calor, es necesaria la obtención de frío para climatización, y que debido a la estacionalidad de estos consumos (calor en invierno, frío en verano) impedía la operación normal de una planta de cogeneración clásica. Al aprovecharse el calor también para la producción de frío, permite una mayor estabilidad en el aprovechamiento del calor.

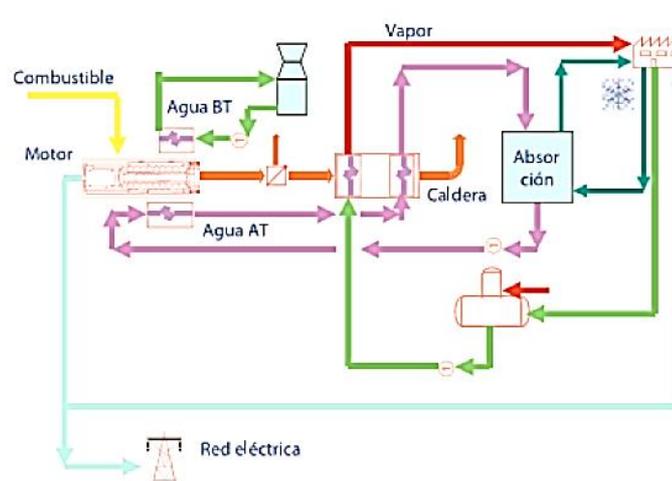


Figura 4.18 Planta de trigeneración con motor de gas.

Debemos de saber que en una planta de cogeneración se pueden producir otros productos útiles, a parte de la electricidad, calor y frío, como puede ser energía mecánica, aire comprimido o incluso CO_2 . A este tipo de plantas se las conoce con el nombre de poligeneración.

La trigeneración también puede tener como motor primario una turbina de gas. En este caso, el calor para absorción viene exclusivamente de la caldera de recuperación de calor, bien sea en forma de vapor, agua caliente o sobrecalentada.

4.2.5.2. *Aplicaciones de la cogeneración con turbina de gas.*

La turbina de gas es un motor térmico que se presta muy bien a cogeneración. Su rendimiento eléctrico es muy variable dependiendo de su tamaño, desde el 20% para las turbinas pequeñas hasta el 40% ó 45% en unidades a partir de 30 MW. La energía eléctrica del combustible, a parte de la electricidad y de unas pequeñas pérdidas, va a los gases de escape a temperaturas del orden de 500 °C, siendo fáciles de utilizar para generación de vapor o agua caliente, a las condiciones que se requieren por cualquier consumidor:

- Instalaciones de gases directos para secado (secado de minerales, atomizadores de cerámicas).
- Instalaciones en el sector alimentario (lácteo y derivados).
- Plantas del sector de celulosa y papel.
- Plantas del sector de fibra sintética y sector textil.
- Plantas del sector químico.
- Plantas del sector del automóvil.
- Plantas de producción de sales industriales.
- Plantas del sector del refino.

4.2.5.3. *Aplicaciones de la cogeneración con motor de gas.*

A continuación se enumeran las aplicaciones más relevantes de los sistemas de cogeneración con motor de gas:

- Instalaciones de gases directos y agua calientes de AT para secado (cerámica roja, secado de áridos).
- Instalaciones en sector alimentario (lácteo y derivados, zumos, embutidos, mataderos) (utilización de calor y frío).
- Plantas del sector del papel.
- Plantas de tratamientos de purines.
- Las plantas de concentración de sales minerales. Evaporación a vacío y calentamiento de soluciones.
- Plantas de tratamientos de aguas residuales y plantas de biogás.
- Plantas de secado de madera, pellet, forrajes, pulpas y otros derivados agroalimentarios.
- Plantas de secado de lodos de depuradora.

4.2.5.4. *Aplicaciones de la trigeneración.*

Son usuarios potenciales de sistemas de trigeneración aquellas plantas industriales que reúnen las siguientes características:

- Demandas de calor, frío y electricidad simultáneas y continuas.
- Disponibilidad de combustibles de calidad.
- Calendario laboral de, al menos, 4.500 h - 5.000h anuales.
- Espacio suficiente y legalización adecuada para la ubicación de los nuevos equipos.
- Efluentes térmicos de calidad.

Los sectores más atractivos para la instalación de este tipo de plantas son los sectores del papel y del refino de petróleo, debido a sus altos requerimientos de energía primaria.

Existen también otros sectores donde la cogeneración puede también adquirir importantes beneficios, como los sectores químico y cerámico.

En aquellos proyectos en los que es posible obtener efluentes térmicos gratuitos las máquinas de absorción tienen unas aplicaciones muy determinadas.

Por el contrario, los estudios de viabilidad demuestran periodos de amortización más largos que las máquinas de compresión convencionales, ya que los COP obtenidos en máquinas de absorción sólo son rentables si la energía térmica de calentamiento no tiene coste económico ninguno.

Es por esto que aparecen tres grandes grupos de usuarios en el mercado del frío industrial español:

- Industria agroalimentaria.
- Aplicaciones industriales no alimentarias.
- Transporte refrigerado.

Existen tres tipos principales de instalaciones con obtención de fluentes térmicos residuales o gratuitos en los que se recomienda mayoritariamente la instalación de máquinas de absorción.

4.2.5.4.1. Instalaciones con trigeneración para producción de agua caliente y motores de combustión.

Es importante saber que la máquina de absorción puede ser alimentada con energía térmica procedente de los motores de combustión.

Podemos obtener esta energía mediante la recuperación del calor de los humos procedentes de la combustión y del agua caliente de refrigeración de las camisas del motor.

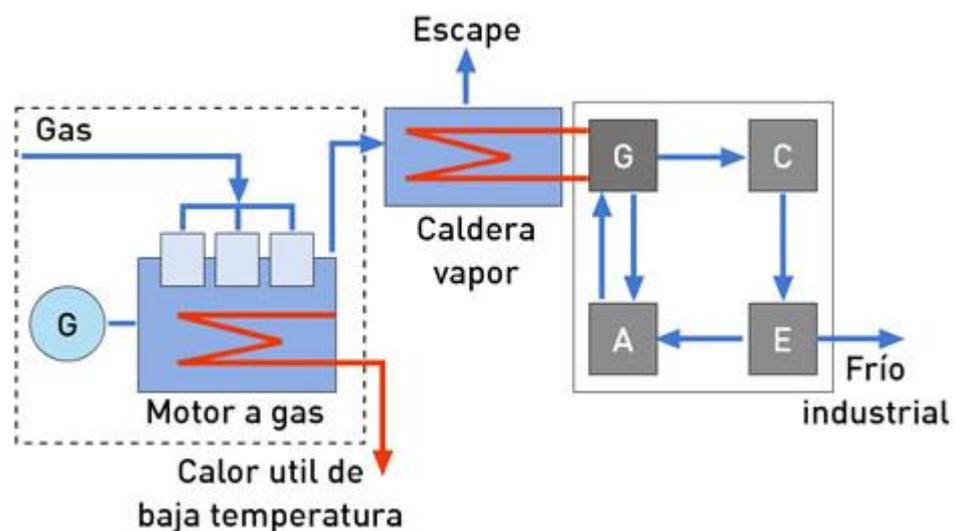


Figura 4.19 Instalaciones con trigeneración.

4.2.5.4.2. Instalaciones con trigeneración para producción de vapor y calderas de postcombustión.

Se puede obtener vapor a distintas presiones en las calderas de postcombustión, con el fin de utilizarse en las máquinas de absorción. Por ello es posible obtener un rendimiento del 29% de la potencia aportada en combustión como potencia frigorífica disponible.

Se exige que el consumo sea constante, en aquellas instalaciones de cogeneración mediante turbina de gas y ciclo combinado con ciclo vapor, ya que la turbina alcanza sus máximos rendimientos a plena carga, siendo desaconsejable su utilización para instalaciones que van a ser utilizadas frecuentemente a carga parcial.

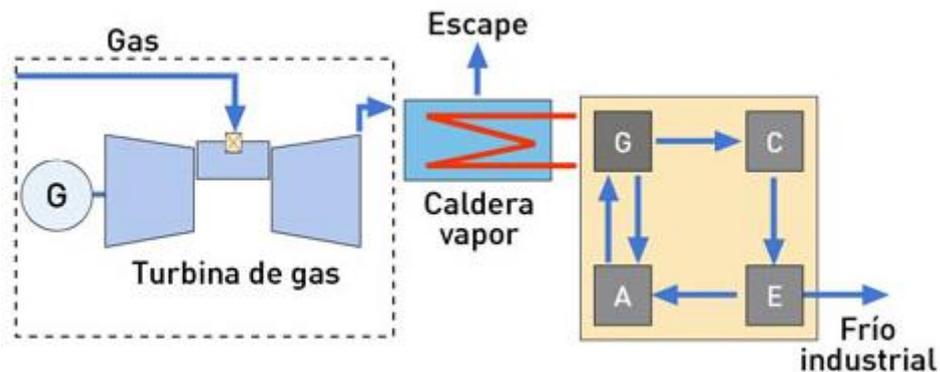


Figura 4.20 Instalaciones con trigeneración.

4.2.5.4.3. Instalaciones con energía solar.

Los paneles solares producen agua caliente a una temperatura aproximada de 80°C. Mediante un intercambiador de calor, el circuito de los paneles cede su energía al agua almacenada en un tanque de acumulación.

La máquina de absorción se acciona con el agua caliente del tanque, produciendo frío que es distribuido al local a través de los fan-coils.

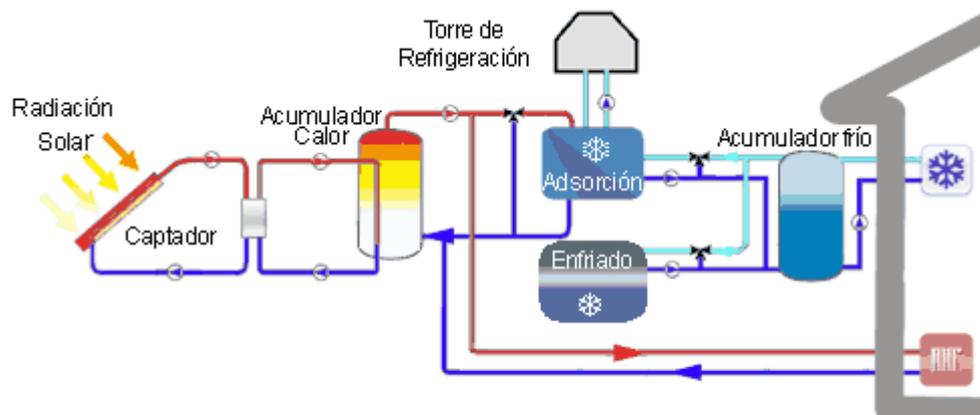


Figura 4.21 Instalaciones con trigeneración.

4.2.6. Micro-cogeneración.

Es importante dedicar un apartado a esta tecnología debido a la relación que tiene con el presente proyecto. A pesar de que los principios de funcionamiento y demás

características son muy similares a los sistemas anteriormente explicados, hay una serie de características que se deben de mencionar.

La micro-cogeneración (hasta 50 kW), con microturbinas de gas o micromotores de combustión, son aplicaciones que se han implantado con éxito en instalaciones del sector terciario (hospitales, hoteles, oficinas, viviendas, etc...). Esto se debe a que los micro-cogeneradores cubren unas escalas de potencia adecuadas para poder actuar como cogeneraciones a escala reducida, adaptándose a la perfección a este tipo de establecimientos, aportándoles unos rendimientos muy competitivos y unas prestaciones energéticamente atractivas frente a los sistemas convencionales.

Según el Código Técnico de Edificación (CTE), la exigencia de contribución solar mínima en el aporte energético de Agua Caliente Sanitaria (ACS) de toda nueva vivienda puede ser sustituida por otros sistemas que usen fuentes renovables o procesos de cogeneración en aquellos casos en los que no sea posible la instalación de energía solar. Por este motivo, en cada situación las características energéticas, físicas y operativas determinará la viabilidad de la instalación de equipos de micro-cogeneración o de sistemas de captación solar.

La solución basada en la generación de las necesidades de calor mediante sistemas de micro-cogeneraciones para la generación de ACS, calefacción y frío obtiene ventajas respecto a la generación de esta demanda mediante sistemas convencionales (calderas) y en muchos casos también respecto a los sistemas basados en colectores solares térmicos exclusivamente. Estas ventajas son las siguientes:

- Disponibilidad. La planta de micro-cogeneración no depende de la climatología y nos garantiza el suministro energético para ACS y calefacción, incluso nos garantiza el consumo eléctrico en los quipos que pueden funcionar como generadores de emergencia.
- Liberación de espacio en comparación con la solar térmica y los sistemas convencionales. La planta de micro-cogeneración ocupa unas dimensiones reducidas y no necesita invadir espacios estructuralmente visibles como fachadas o tejados, ya que puedes ser situados bajo techo. La cogeneración al ser un sistema centralizado libera espacios de alto valor (interior de viviendas), ocupados por los sistemas convencionales.
- Generación distribuida de electricidad. No se producen pérdidas por transporte, distribución y transformación debido a que la energía, ya sea térmica o eléctrica, se genera junto al lugar de consumo.
- El aprovechamiento del calor y la generación de electricidad de manera eficiente reportan un ahorro de energía primaria. Esto supone un ahorro en emisiones de CO₂ y de otros gases de efecto invernadero.

Teniendo en cuenta el ámbito de aplicación de la mico-cogeneración, esto es, suministro de la demanda de calor en el sector terciario (básicamente calefacción y ACS), no es difícil ver un campo de aplicación amplio en la micro-cogeneración. La generación de frío para climatización permite alargar el período de operación al no ser coincidentes las demandas de frío y calor. La conversión del calor en frío, como ya hemos dicho con anterioridad, se realiza mediante máquinas de absorción, siendo esto una excelente solución para la cogeneración en el sector terciario. Estos sistemas aportan ventajas sustanciales como:

- Sustitución de consumos de energía eléctrica, de coste elevado, por consumos de energía térmica, lo que permite un mayor dimensionamiento de la central.
- Aumento del número de horas de funcionamiento con alta eficiencia energética.
- Aumento de la versatilidad de la central, puesto que es posible generar, además de electricidad y calor, un tercer tipo de energía: el frío.
- No utilización de CFCs, lo que las convierte en posibles sustitutos de las máquinas de compresión basadas en este tipo de fluidos refrigerantes.

Para la generación de frío a partir de calor se utiliza el ciclo de absorción integrado. Para el tipo de aplicación que estamos tratando, cabe destacar las máquinas basadas en Brili que son las utilizadas habitualmente para la climatización de edificios. Es éstas, el Brili actúa como absorbente y el agua como fluido refrigerante. En aplicaciones de climatización para generación de agua fría del orden de 5 °C - 7 °C las máquinas de simple efecto permiten conseguir un COP de aproximadamente 0,7.

Los sistemas de micro-cogeneración tienen rendimiento de generación eléctricos inferiores a los equipos de cogeneración de mayor tamaño. Esta menor capacidad de transformar el combustible en electricidad produce una mayor capacidad de recuperación térmica. Los sistemas de cogeneración se rigen por el mayor aprovechamiento de la energía contenida en el combustible, lo cual se cuantifica en el rendimiento global (RG). En la siguiente tabla se muestra los valores típicos de eficiencia según tecnologías y tamaño, siendo E (electricidad), V (calor), Q (combustible).

Tabla 4.3 Sistemas de micro-cogeneración.

Sistemas de Micro-cogeneración	RE = E/Q	RG = (E+V)/Q	C = E/V	Tamaño (MW)
Turbina de gas en ciclo simple	30-40	75-80	0.6-1	5-50
Turbina de gas en ciclo combinado	35-50	≥80	0.8-1.6	7-60
Turbina de vapor contrapresión	5-14	75-90	0.04-0.16	1-20
Motores alternativos de combustión	35-45	75	1.1-1.5	1-25
Micromotores*	25-35	75	0.5-0.9	0.01-0.4
Microturbinas*	25-30	75	0.5-0.67	0.03-0.2

*Consideramos máquinas con potencias unitarias inferiores a los 100 kW eléctricas.

Centrándonos en el ámbito de la micro-cogeneración, si comparamos ambas tecnologías para una misma potencia eléctrica unitaria, la microturbina posee un rendimiento eléctrico inferior que el micromotor (en torno al 30% frente al 35%), pero esto queda compensado con la recuperación térmica cuando se comparan sus

rendimientos globales. Por otro lado, cabe destacar que la ausencia de aceites lubricantes, sistemas auxiliares para el arranque y la refrigeración y única parte móvil, hacen que su fiabilidad sea superior y sus costes de mantenimiento inferiores. Es por esto que, en función de la potencia y del modo de operación, debemos escoger la tecnología más adecuada.

La legislación es favorable a la micro-cogeneración: el 1 de junio de 2007 entró en vigor el RD 661/2007 por el que se regula la actividad de producción de electricidad en el Régimen Especial. Este RD otorga diferentes precios a la electricidad vertida a la red en función de los siguientes parámetros:

- Tipo de combustible.
- Rango de potencia.
- Eficiencia energética.

Para la actividad que nos interesa en este caso, nos centramos en el combustible gas natural o GLP para el rango de centrales de menos de 1 MW eléctrico.

Todas las cogeneraciones del grupo a.1 deben cumplir una alta eficiencia energética como se describe en el anexo I del RD 661/2007. Esta eficiencia implica el cumplimiento del REE. Para turbinas de gas de menos de 1 MW, el valor es de 53,1% y para los motores del mismo rango de potencia, es de 49,5%.

Los precios de venta de energía eléctrica a la red para cada uno de los grupos y segmentos comentados (a.1.1. Gas natural, a.1.2. Gasóleo/GLP) se basan en la denominada tarifa regulada, la cual es actualizada trimestralmente. En la siguiente tabla se muestran los valores de la tarifa regulada vigentes para el tercer y cuarto trimestre del año 2012, y primero de 2013.

Tabla 4.4 Precios de venta de energía eléctrica a la red (tarifa regulada vigente para el tercer y cuarto trimestre del año 2012 y primero del año 2013.

Grupo	Subgrupo	Combustible	Potencia	Tarifa Regulada c€/kWh
a.1.	a.1.1.	Gas Natural	$P \leq 0,5$ MW	17,2282
			$0,5 \leq P \leq 1$ MW	14,1372
	a.1.2.	Gasóleo/GLP	$P \leq 0,5$ MW	22,0069
			$0,5 \leq P \leq 1$ MW	18,7280

Cabría significar adicionalmente que el Plan de Acción 2008 - 2010 de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España (E4) contempla ayudas a fondo perdido para la ejecución de plantas de cogeneración en el sector de la edificación. Las ayudas se articulan a través de las CCAA y los porcentajes de las mismas están comprendidas entre un 10% y un 30% en función de la potencia de la instalación.

Los sistemas de generación usados en la micro-cogeneración son principalmente microturbinas y micromotores.

4.2.6.1. Micromotores alternativos para micro-cogeneración.

Los micromotores alternativos de combustión interna son conocidos por todos ya que sus aplicaciones en nuestras actividades diarias son muchísimas. Desde los pequeños generadores que vemos en los puestos de venta ambulante hasta los motores que incorporan todos los vehículos, hay un abanico de potencias en el que se incluirían los micromotores para cogeneración.

La diferencia de estos motores es principalmente su rango de trabajo, ya que están diseñados para funcionar un elevado número de horas en continuo con la máxima eficiencia por lo que se trata de buscar el régimen de funcionamiento que maximice el rendimiento eléctrico.

Los motores disipan calor a través de los circuitos de agua de refrigeración y de los gases de escape. En los micromotores se recuperan ambas fuentes de calor para finalmente aportar toda la energía en forma de agua caliente y éstas puedan ser usadas para climatización.

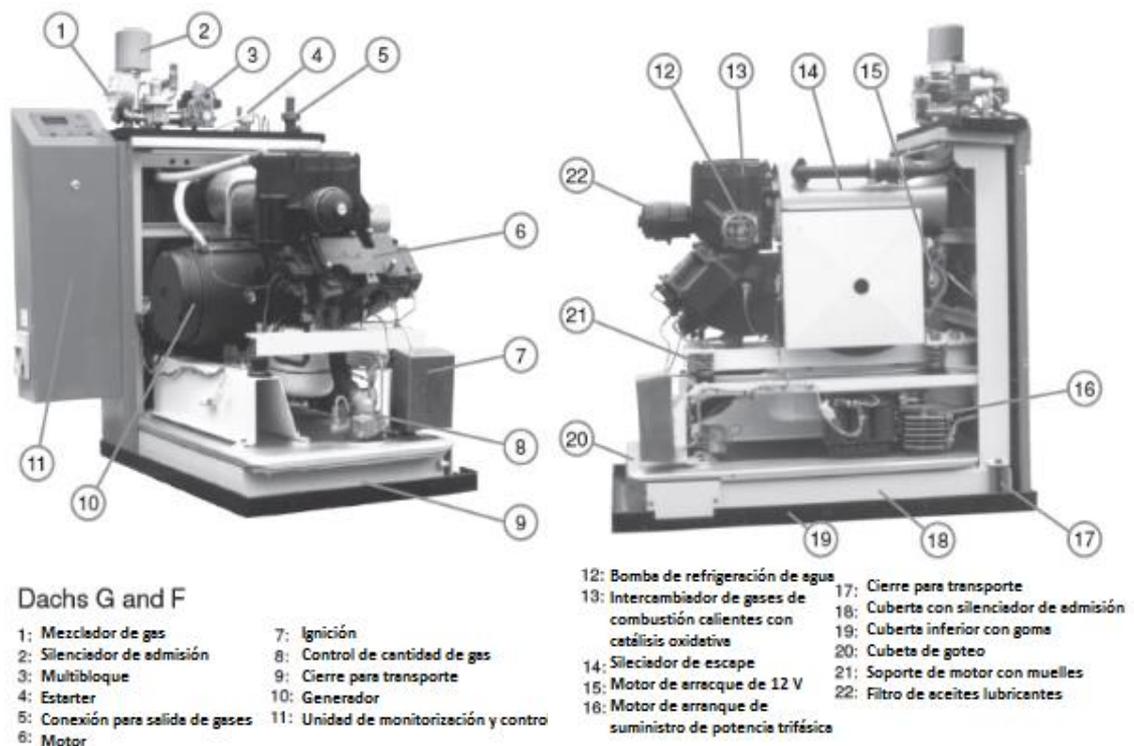


Figura 4.22 Partes de un micromotor alternativo DACHS de 5,5 kW eléctricos.

4.2.6.2. Microturbinas de gas para microgeneración.

Las microturbinas de gas son máquinas de combustión basadas en el mismo principio que las turbinas convencionales pero simplificando los elementos mecánicos.

El modo de funcionamiento de la microturbina no difiere mucho del de una turbina convencional. La mayor diferencia se encuentra en el hecho de tener un ciclo de

regeneración para mejorar el rendimiento eléctrico y la ausencia de un reductor para conectarse al alternador. Por ello, las microturbinas generan energía eléctrica en tensión alterna a frecuencia variable que es convertida a corriente continua y, mediante un inversor similar al que incorporar los sistemas fotovoltaicos, se convierte a corriente alterna trifásica (400 V y 50 Hz) que exigen las aplicaciones en baja tensión. Finalmente los gases de escape se encuentran a una temperatura de 300 °C aproximadamente que permite una recuperación térmica útil para la producción de ACS, calefacción y frío.

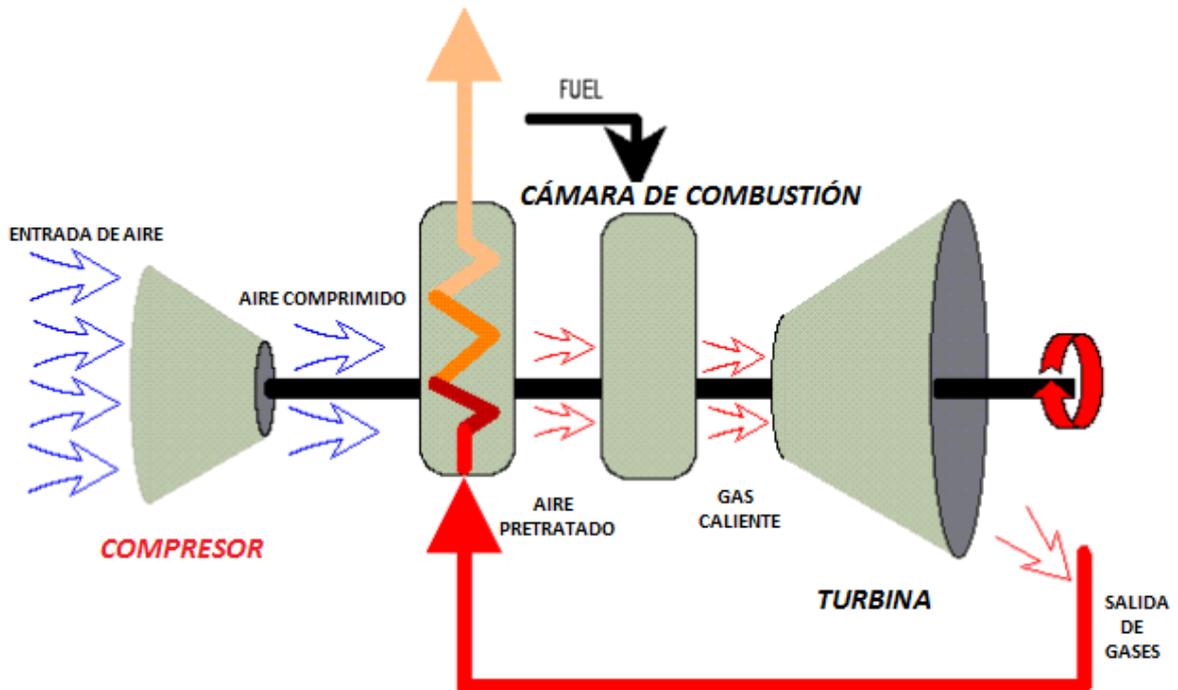


Figura 4.23 Esquema de una microturbinas de gas.

4.2.7. La cogeneración en el Mundo, Europa y España.

4.2.7.1. La cogeneración en el Mundo.

La Agencia Internacional de Energía (AIE) estima que la potencia de cogeneración instalada a nivel global es de 330 GW y representa un 9% de la electricidad producida. Sin embargo, la cuota de producción eléctrica de cogeneración en las grandes economías del G8, exceptuando Rusia, es baja. Alemania es el mejor ejemplo de desarrollo de cogeneración, ya que cuenta con una potencia instalada de 20.000 MW y una cobertura de la demanda eléctrica con cogeneración del 12,5%. Además se está acelerando su implantación gracias a incentivos gubernamentales. La alta penetración de la cogeneración en estos países resulta una de las asignaturas pendientes en España, en gran medida del desarrollo de la energía de distrito, que no cuenta con desarrollo en este ámbito probablemente debido a que las condiciones climatológicas requieren soluciones más sofisticadas con refrigeración.

4.2.7.2. Potencial de cogeneración en Europa.

Actualmente, el potencial de cogeneración a realizar en Europa está estimado en 150 GW. Los planes de potencial nacionales más ambiciosos desarrollados a raíz de la Directiva 2004/8/EC indican la posibilidad de doblar la capacidad instalada en 2020. Siendo actualmente la estimación de ahorro en energía del 13% en el 2020, la cogeneración puede aportar los puntos restantes para así lograr los objetivos establecidos por la comisión del 20%. Todo esto se puede llevar a cabo a través de un número limitado de proyectos específicos en mercados identificables. Por ejemplo, el estudio de potencial a nivel europeo D-Ploy ha identificado sólo dentro del sector químico, alimentario, papel y refino para plantas de gran tamaño un potencial técnico de 52 GW en 2008.

4.2.7.3. La cogeneración en España.

El parque de cogeneración contaba con 6.170 MW a principios del 2009. Ello representa un 6,5% de la potencia total instalada del parque de generación español (94.762 MW) en el 2008, un 13,5% de la potencia máxima demandada y un 12% de la demanda eléctrica nacional en 2006.

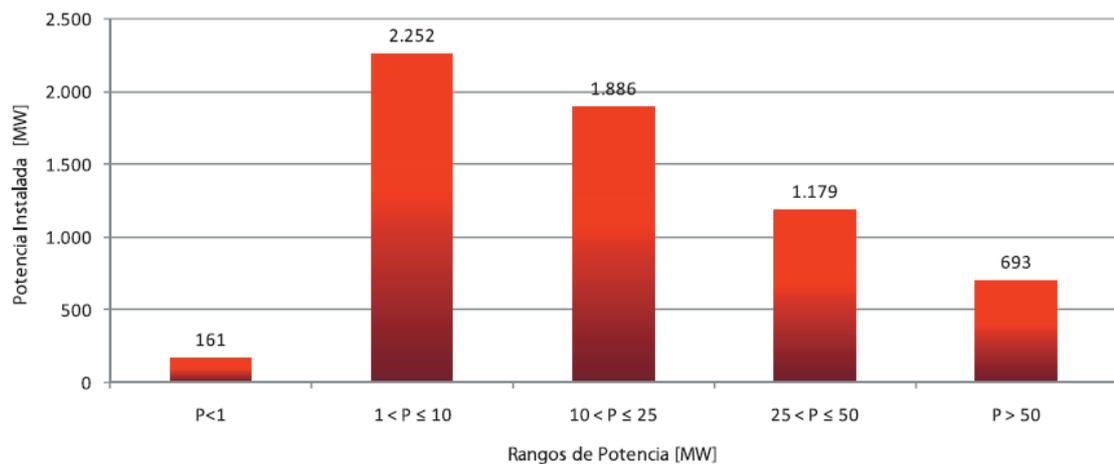


Figura 4.26 Potencia instalada de cogeneración en España (MW) por rangos de potencia.

La mayor parte de la potencia instalada se encuentra entre 1 MW y 25 MW (Figura 4.26). El total de número de plantas instaladas en España a principios del 2009 era de 883, siendo las plantas entre 1 MW y 10 MW las más numerosas. El parque de cogeneración posee un rendimiento eléctrico entorno al 29% y un rendimiento global entorno al 80%.

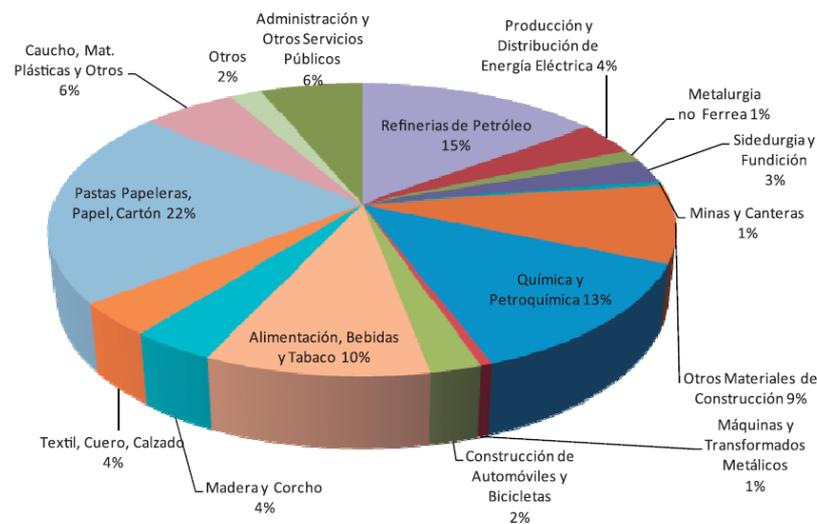


Figura 4.27 Distribución de la energía cogenerada por sector industrial. Fuente: MITYC: Informe Anual 2006.

Las plantas de cogeneración cuentan con un gran desarrollo en el sector industrial en España. Los subsectores más desarrollados son el papelero, refino, química y petroquímica y alimentación así como en construcción (Figura 4.27). Sin embargo, existe un gran potencial de cogeneración en el sector residencial y pequeño y mediano terciario.

En lo que a combustibles empleados en cogeneración se refiere, las plantas de cogeneración emplean gas natural en un 76%. Siguen a este combustible el fueloil y el gasoil (18%) y gas de refinería (4%).

La distribución por comunidades autónomas muestra como el 22% de la potencia de cogeneración se encuentra en Cataluña, seguida de Andalucía, Valencia y Galicia (entorno a un 11% de la potencia instalada), siendo prácticamente inexistente en Extremadura, Canarias o las Baleares.

4.3. Energía Eólica.

4.3.1. Generalidades.

La energía eólica es una forma indirecta de energía solar, puesto que son las diferencias de temperaturas y de presión inducidas en la atmósfera por la absorción de la radiación solar las que ponen en movimiento los vientos.

La energía eólica es la energía renovable más madura y desarrollada. Genera electricidad a través de la fuerza del viento, mediante la utilización de la energía cinética producida por efecto de las corrientes de aire. Estamos hablando por tanto de una fuente de energía limpia e inagotable, que reduce las emisiones de efecto invernadero y preserva el medioambiente.

La energía eólica ha sido aprovechada desde la antigüedad para mover los barcos impulsados por velas o hacer funcionar la maquinaria de molinos al mover sus aspas. Desde principios del siglo XX, produce energía a través de los aerogeneradores. La energía eólica mueve una hélice y, mediante un sistema mecánico, hace girar el rotor de un generador que produce energía eléctrica.

Aproximadamente el 2% de la energía que llega del sol se transforma en energía cinética de los vientos atmosféricos. El 35% de esta energía se disipa en la capa atmosférica a tan solo un kilómetro por encima del suelo. Del resto, se estima que por su aleatoriedad y dispersión solo podría ser utilizada una treceava parte, cantidad suficiente para abastecer 10 veces el consumo actual de energía primaria mundial. De ahí su enorme potencial e interés.

De la misma manera, para poder aprovechar esa energía del viento, es necesario que este alcance una velocidad mínima que depende del aerogenerador que se vaya a utilizar, pero que suele empezar entre los 3 m/s (10,8 km/h) y los 4 m/s (14,4 km/h), velocidad llamada “cut-in speed” (velocidad de arranque), y que por otra parte, no supere los 25 m/s (90 km/h), velocidad llamada “cut-out speed” (velocidad de parada).

Esa energía del viento es aprovechada mediante el uso de máquinas eólicas (o aeromotor), capaces de transformar la energía eólica en energía mecánica de rotación utilizable, ya sea para accionar directamente dichas máquinas, como para la producción de energía eléctrica.

En el caso de que se lleve a cabo la producción de energía eléctrica, el sistema de conversión, es conocido como aerogenerador. En estos la energía eólica mueve una hélice y mediante un sistema mecánico se hace girar el rotor de un generador, normalmente un alternador, que produce energía eléctrica. Para que su instalación resulte rentable, suelen agruparse en concentraciones denominadas parques eólicos.



Figura 4.28 Parques eólicos terrestres y marinos.

Para aprovechar la energía eólica, debemos tener en cuenta las grandes variaciones de velocidad entre diferentes zonas: lugares que apenas distan unos kilómetros entre sí pueden estar sujetos a condiciones de viento muy dispares y suscitar un interés muy distinto a la hora de instalar un aerogenerador.

4.3.2. Principio de funcionamiento de un aerogenerador.

Un aerogenerador o turbina eólica transforma la energía cinética del viento en energía eléctrica sin usar combustible, pasando por el estado intermedio de conversión a energía mecánica de rotación a través de las palas.

Los aerogeneradores pueden ser de “sustentación” (dirección perpendicular al viento) o de “resistencia” (dirección paralela al viento) en función de cuál de las fuerzas generadas por el viento se use como “fuerza motriz”. Para entender el principio de funcionamiento de un aerogenerador nos referiremos a las turbinas más utilizadas en la actualidad, es decir, las de “sustentación”. En ellas, a diferencia de las de “resistencia”, el viento circula

por ambas caras de la pala, las cuales tienen perfiles geométricos distintos, creando así un área de depresión en la cara superior respecto a la presión en la cara inferior. Esta diferencia de presiones da lugar a una fuerza llamada sustentación aerodinámica sobre la superficie de la pala, de forma similar a los que sucede en las alas de los aviones.

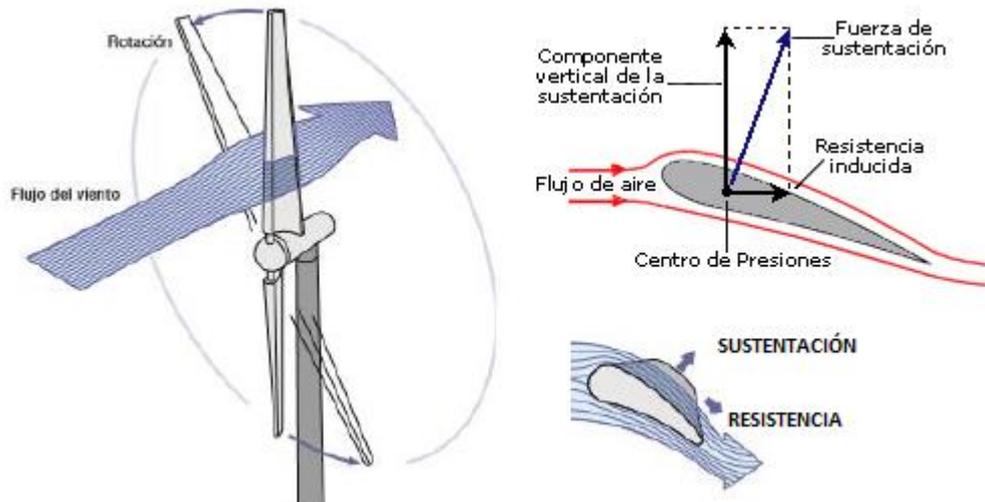


Figura 4.29 Esquema de funcionamiento de un aerogenerador.

Con respecto al comportamiento de un avión, la sustentación de las alas es capaz de levantarlo del suelo y mantenerlo volando, mientras que por el contrario, en un aerogenerador, dado que las palas son solidarias con el terreno, provoca su rotación alrededor del eje del buje. Al mismo tiempo, se genera una fuerza de resistencia que se opone al movimiento y es perpendicular a la sustentación. En los aerogeneradores que están correctamente diseñados, la relación sustentación/resistencia es grande dentro del rango normal de operación. Un aerogenerador necesita una velocidad del viento mínima (velocidad de acoplamiento o cut-in) de 3 m/s - 5 m/s y entrega potencia nominal a una velocidad de 12 m/s- 14 m/s. Por razones de seguridad, a velocidades elevadas por lo general a 25 m/s (velocidad de desconexión o cut-off), entra en funcionamiento el sistema de frenado para la turbina. El bloqueo puede efectuarse por medio de frenos mecánicos que detienen el rotor o, en el caso de palas de inclinación variable, “escondiéndolas” del viento al ponerlas en la posición conocida como “bandera”. Este método de control consiste en que las palas varían su ángulo de incidencia con respecto al viento. Cuando la potencia generada es excesiva, las palas comienzan a girar sobre su eje longitudinal hasta adoptar la posición denominada de bandera. La resistencia entonces opuesta al viento es mínima, así como el par ejercido y la potencia generada.

4.3.3. Ventajas de la energía eólica.

La energía eólica se presenta con las siguientes ventajas frente a otras fuentes de energía convencionales:

Inagotable.

Procede directamente del sol, el cual calienta el aire y ocasiona el viento por generación de corrientes de aire, renovándose de forma continua. Por ello es una de las energías renovables que proceden del sol.

La energía procedente de la radiación solar, que la Tierra absorbe en un año, equivale a unas 20 veces la energía almacenada en todas las reservas de combustibles fósiles del planeta. En principio, con solo aprovechar el 0,005% de la radiación solar se podría prescindir de la energía de los combustibles fósiles.

Fiable.

Los aerogeneradores solo producen energía cuando el viento está soplando, y la producción de energía varía con casa ráfaga de viento. Estas variaciones provocan un desgaste significativo en la máquina. No obstante, los aerogeneradores modernos de alta calidad tienen un factor de disponibilidad de alrededor del 98%, están operacionales y preparados para funcionar durante una media superior al 98% de las horas del año.

Limpia.

No contamina. La generación de electricidad a partir del viento no produce gases tóxicos, ni contribuye al efecto invernadero, ni a la lluvia ácida; tampoco origina productos secundarios peligrosos ni residuos contaminantes. Apenas se producen algunos pocos residuos debido al mantenimiento de los aerogeneradores. Cada KWh de electricidad generada por energía eólica, en lugar de carbón, evita la emisión de 1 Kg de CO₂ a la atmósfera.

Autóctona y universal.

Existe en todo el mundo. Sin embargo, el aprovechamiento del viento como recurso energético presenta el inconveniente de requerir una serie de condiciones de emplazamiento que restringen de forma significativa su difusión. Precisan una velocidad del viento mínima. El contenido energético del viento varía con el cubo de la velocidad del viento; con un viento dos veces mayor se obtiene ocho veces más energía. Así pues se precisa una ubicación adecuada en áreas con tanto viento como sea posible.

Económica.

La energía eólica ha llegado a ser la menos cara de las energías renovables existentes. Debido a que los contenidos energéticos del viento varían con el cubo de la velocidad del viento, la economía de la energía eólica depende mucho de cuanto viento hay en el emplazamiento.

La energía producida por un aerogenerador durante sus 20 años de vida, valor promedio de utilización, es 80 veces superior a la energía utilizada para su construcción, mantenimiento, explotación, desmantelamiento y desguace. Un aerogenerador sólo tarda unos 2 a 4 meses en recuperar toda la energía gastada en su construcción y su explotación.

No deja huella.

No se realiza ningún expolio de la naturaleza. Las instalaciones son fácilmente reversibles. La energía eólica no deja ningún tipo de residuo ni produce emisiones dañinas para el medio ambiente. Incluso el impacto ecológico de los trabajos de construcción son mínimos. Cuando la vida útil de un parque eólico ya ha transcurrido, las cimentaciones pueden volver a ser utilizadas o eliminadas completamente. Normalmente, el valor ed la chatarra de una turbina eólica puede cubrir los costes de restauración del emplazamiento hasta su estado inicial.

Madura.

El estado actual de la energía eólica permite su explotación con fiabilidad técnica, rentabilidad económica e impactos ambientales cada vez menos significativos.

La energía eólica ya ha superado el estado de investigación y se explota de forma industrial.

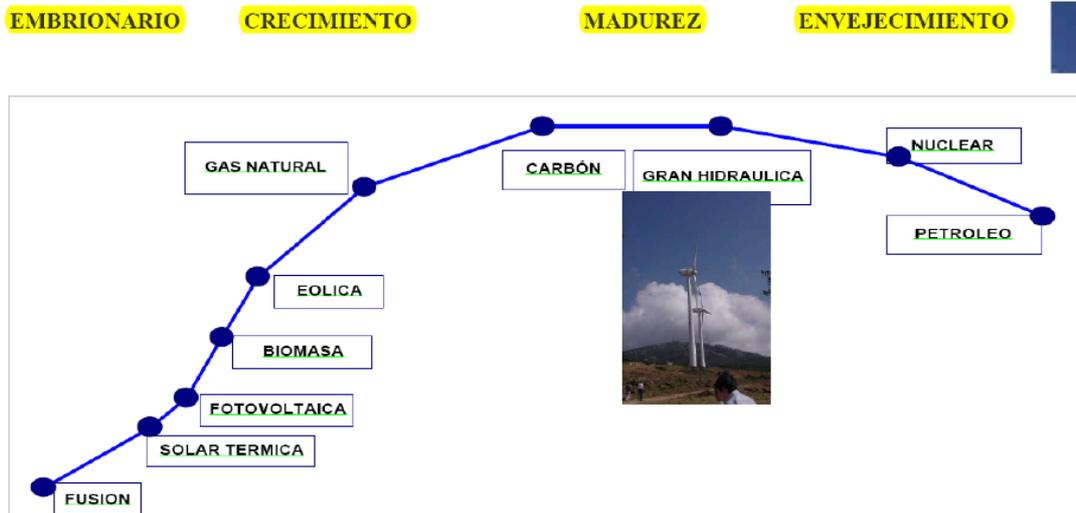


Figura 4.30 Evolución de las fuentes de generación eléctrica.

4.3.3.1. Otras ventajas medioambientales.

- Se suprimen radicalmente los impactos originados por los combustibles durante su extracción, transformación, transporte y combustión, lo que beneficia la atmósfera, el suelo, el agua, la fauna, la vegetación, etc.
- Evita la contaminación que conlleva el transporte de los combustibles como gas, petróleo, gasoil, carbón. Reduce el intenso tráfico marítimo y terrestre cerca de las centrales.
- Suprime los riesgos de accidentes durante estos transportes: desastres con petroleros, traslados de residuos nucleares, etc.
- No hace necesaria la instalación de líneas de abastecimiento: canalizaciones a las refinerías o las centrales de gas.
- La utilización de la energía eólica para la generación de electricidad presenta nula incidencia sobre las características fisicoquímicas del suelo o su erosionabilidad, ya que no se produce ningún contaminante que incida sobre este medio, ni tampoco vertidos o grandes movimientos de tierras.
- Al contrario de lo que puede ocurrir con las energías convencionales, la energía eólica no produce ningún tipo de alteración sobre acuíferos ni por consumo, ni por contaminación por residuos o vertidos.
- La generación de electricidad a partir del viento no produce gases tóxicos, ni contribuye al efecto invernadero, ni destruye la capa de ozono, tampoco crea lluvia ácida. No origina productos secundarios peligrosos ni residuos contaminantes.

- La electricidad producida por un aerogenerador evita que se quemen diariamente miles de litros de petróleo y miles de kilogramos de lignito negro en las centrales térmicas. Ese mismo generador produce idéntica cantidad de energía que la obtenida por quemar diariamente 1.000 kg de petróleo. Al no quemarse esos kilogramos, se evita la emisión de 4.109 kg de CO₂, lográndose un efecto similar al producido por 200 árboles. Se impide la emisión de 66 kg de dióxido de azufre (SO₂) y de 10 kg de óxido de nitrógeno (NO₂) principales causantes de la lluvia ácida.

Tabla 4.5 Emisión evitada por cada kWh de electricidad generada por energía eólica en lugar de carbón.

Dióxido de carbono	0,60 kg de CO ₂
Dióxido de azufre	1,33 g de SO ₂
Óxido de nitrógeno	1,67 g de NO ₂

Tabla 4.6 Aspectos favorables de un parque de 10 MW.

Evita	28.480 Tn al año de Co ₂
Sustituye	2.447 Teq toneladas equivalentes de petróleo
Aporta	Trabajo a 130 personas al año en diseño y construcción
Proporciona	Industrias y desarrollo de tecnología
Genera	Energía eléctrica para 11.000 familias

- Además es independiente de cualquier política o relación comercial, se obtiene en forma mecánica y por tanto es directamente utilizable.

El impacto medioambiental que puede producir una instalación eólica va a depender fundamentalmente del emplazamiento elegido para su instalación, del tamaño de la propia instalación y de la distancia de esta a las zonas de concentración de población.

4.3.4. Desventajas de la energía eólica.

El aire al ser un fluido de pequeño peso específico, implica fabricar máquinas grandes y en consecuencia caras.

Desde el punto de vista estético, la energía eólica produce un impacto visual inevitable, ya que por sus características precisa unos emplazamientos que normalmente resultan ser los que más evidencian la presencia de las máquinas (cerros, colinas, litoral). En este sentido la implantación de la energía eólica a gran escala, puede producir una alteración clara sobre el paisaje, que debería ser evaluada en función de la situación previa existente en cada localización.

Un impacto negativo es el ruido producido por el giro del rotor, pero su afecto no es más acusado que el generado por una instalación de tipo industrial de similar entidad, y siempre que estemos muy próximos a los molinos.

También ha de tenerse especial cuidado a la hora de seleccionar un parque si en las inmediaciones habitan aves, por el riesgo mortandad al impactar con las palas, aunque

existen soluciones al respecto como pintar en colores llamativos las palas, situar los molinos adecuadamente dejando “pasillos” a las aves, e, incluso en casos extremos hacer un seguimiento a las aves por radar llegando a parar las turbinas para evitar las colisiones.

Las principales alteraciones del medio físico son:

Impacto sobre las aves.

Los estudios realizados concluyen en que este impacto es muy pequeño frente al producido por causas naturales. Existen soluciones al respecto como instalar palas de colores llamativos, situar los molinos adecuadamente dejando espacios entre unos y otros que permitan el paso de las aves, o incluso en los casos más desfavorables, hacer seguimientos de las aves mediante radar para detener los aerogeneradores en el momento de paso de dichas aves.

Impacto visual.

El impacto visual de estas instalaciones dependen de criterios fundamentalmente subjetivos: un parque de unos pocos aerogeneradores puede llegar a ser incluso atractivo, pero una gran concentración de máquinas obliga a considerar el impacto visual y la forma de disminuirlo.

Impacto acústico.

El origen del ruido en los aerogeneradores se debe a factores de tipo mecánico producidos por el tipo de multiplicador y generador, el ventilador del generador, etc. Aun así la experiencia conseguida en nuestro país, respecto a las instalaciones existentes, permite señalar que en las poblaciones más cercanas a las instalaciones no se detecta ningún incremento de ruido, siendo más importante el producido por el propio viento, así como que, en el interior de las instalaciones el nivel de ruido observado es igual o menor que el existente en cualquier instalación industrial de igual potencia.



Figura 4.31 Impacto acústico producido por un aerogenerador.

4.3.4.1. Componentes de un aerogenerador de eje horizontal.

Los principales componentes que constituyen un aerogenerador de eje horizontal son:

- | | |
|--|---|
| 1. Pala. | 11. Frenos mecánicos. |
| 2. Soporte de la pala. | 12. Generador. |
| 3. Actuador del ángulo de paso. | 13. Convertidor de potencia y dispositivos de control, protección y seccionamiento. |
| 4. Buje. | 14. Transformador. |
| 5. Cubierta. | 15. Anemómetros. |
| 6. Soporte principal. | 16. Estructura de la góndola. |
| 7. Eje principal. | 17. Torre de soporte |
| 8. Luces de señalización aérea. | 18. Mecanismo actuador de la orientación. |
| 9. Multiplicador. | |
| 10. Dispositivos hidráulicos de refrigeración. | |

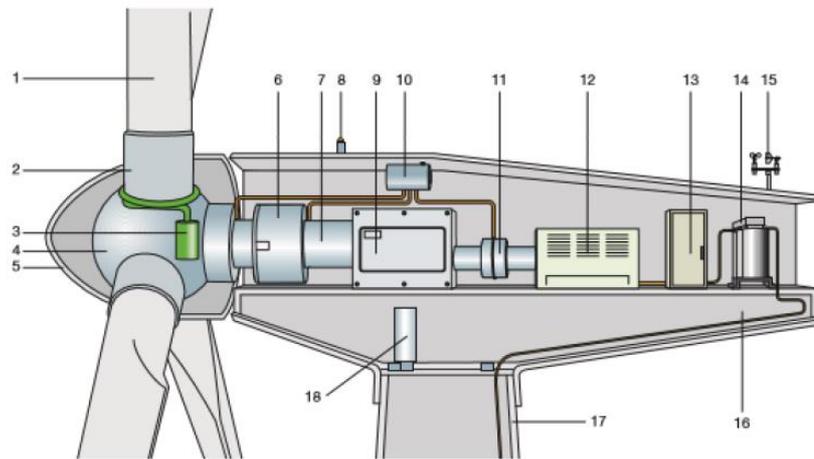


Figura 4.32 Componentes de un aerogenerador de eje horizontal.

Los costes de los distintos componentes se desglosan en la figura 4.33 en función del coste total del aerogenerador.

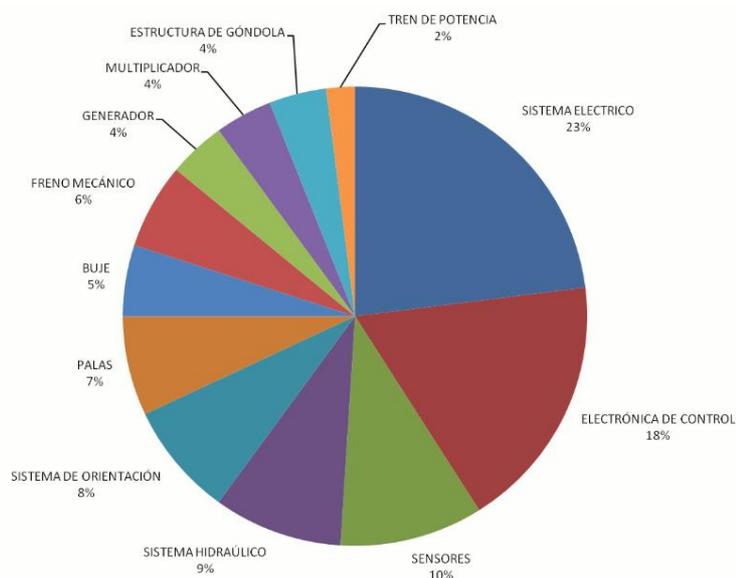


Figura 4.33 Coste de los componentes de un aerogenerador en %.

4.3.5. Tipos de aerogeneradores.

En función de la tecnología de construcción, los aerogeneradores pueden dividirse en dos grandes familias:

- Aerogeneradores de eje vertical – VAWT (Vertical Axis Wind Turbine). Representan en 1% del total.
 - Aerogeneradores de tipo Savonius.
 - Aerogeneradores de tipo Darrieus.
 - Aerogeneradores híbridos Darrieus-Savonius.
- Aerogeneradores de eje horizontal – HAWT (Horizontal Axis Wind Turbine). Representan el 99% del total.
 - Aerogeneradores a Barlovento (upwind).
 - Aerogeneradores a sotavento (downwind).

De entre los aerogeneradores de eje horizontal, un 99% son de tres palas, mientras que un 1% son de dos palas.

4.3.5.1. Aerogeneradores de eje vertical tipo Savonius.

Es el modelo más simple de aerogenerador y consta de dos (o cuatro) chapas verticales, sin perfil de ala y curvadas en forma de semicilindro, como se observa en la siguiente figura.

También se denomina “aerogenerador de resistencia” ya que el par motor sobre el eje está generado por la diferencia de resistencia (fricción) que las superficies verticales dispuestas simétricamente respecto al eje ofrecen al viento.



Figura 4.34 Aerogenerador Savonius.

Las principales características del aerogenerador Savonius son:

- Aerogenerador “lento”.
- Poca eficiencia.
- Utilizable con vientos de poca intensidad y en un rango limitado.
- Necesidad de control de velocidad adecuado para mantener la eficiencia dentro de unos valores aceptables.
- En caso de velocidades superiores a la nominal, imposibilidad de reducir la superficie aerodinámica debido a que se compone de palas fijas.
- Para el poder parar el aerogenerador se necesita un dispositivo mecánico.
- Es necesaria una estructura robusta que resista los vientos extremos (debido a la elevada superficie expuesta de las palas).
- Válido solo para aplicaciones de poca potencia.
- Poco ruidoso.

4.3.5.2. *Aerogeneradores de eje vertical tipo Darrieus.*

Son aerogeneradores de eje vertical de “sustentación”, debido a que las superficies expuestas al viento presentan unos perfiles de ala capaz de generar una distribución de la presión a lo largo de la pala y, por tanto, un par en el eje de rotación.

En comparación con los aerogeneradores de “resistencia” Savonius, los de tipo Darrieus (y todos los aerogeneradores de sustentación) proporcionan una mayor eficiencia al tener menos pérdidas por fricción.

Sin embargo, un aerogenerador Darrieus es incapaz de arrancar por sí solo dado que, independientemente de la velocidad del viento, el par de arranque del que disponemos es nulo: como consecuencia, este aerogenerador necesita un dispositivo auxiliar. En el aerogenerador híbrido Darrieus-Savonius, el par de arranque lo aporta el aerogenerador coaxial Savonius situado en el interior del aerogenerador Darrieus.



Figura 4.35 Aerogenerador Darrieus.

Las principales características del aerogenerador Darrieus son:

- Aerogenerador “rápido”.
- Posee menor eficiencia que los aerogeneradores de eje horizontal, debido también a que una gran parte de la superficie de las palas gira en las proximidades del eje a poca velocidad.
- Adaptación a los cambios de dirección del viento.
- Resulta eficiente para los vientos con una notable componente vertical de la velocidad (emplazamientos con pendientes o instalaciones en el tejado de edificios, “efecto esquina”).
- Utilizable con vientos de poca intensidad y en un rango limitado.
- Es necesario llevar a cabo un control adecuado de la velocidad para mantener la eficiencia dentro de unos calores aceptables.
- En caso de velocidades superiores a la nominal resulta imposible reducir la superficie aerodinámica debido a que está compuesto por palas fijas.
- Es necesario un dispositivo mecánico para llevar a cabo la parada del aerogenerador.
- Es necesaria una estructura no especialmente robusta para resistir los vientos extremos (debido a la poca superficie de las palas expuesta al viento en comparación con el aerogenerador Savonius).
- Resulta útil para aplicaciones de gran potencia.
- Poco ruidoso y con vibraciones que se limitan a la cimentación (apto por lo tanto para instalaciones situadas sobre edificios).
- Capaz de funcionar en caso de la existencia de vientos turbulentos.
- el multiplicador y el generador eléctrico pueden ubicarse al nivel del suelo.
- Elevadas fluctuaciones del par mecánico del motor.



Figura 4.36 Aerogenerador híbrido Darrieus-Savonius.

4.3.5.3. Aerogeneradores de eje horizontal.

Los aerogeneradores de eje horizontal a barlovento (el viento encuentra antes el rotor que la torre) tienen una mayor eficiencia que los aerogeneradores a sotavento (el viento encuentra antes la torre que el rotor), ya que no presentan interferencias aerodinámicas con la torre. En cambio, tienen el inconveniente de no alinearse automáticamente con relación al viento, por lo que necesitan una aleta direccional o un sistema de orientación. Los aerogeneradores de eje horizontal a sotavento acusan los efectos negativos de la interacción torre-rotor, pero se alinean automáticamente y pueden utilizar un rotor flexible para resistir los vientos fuertes.

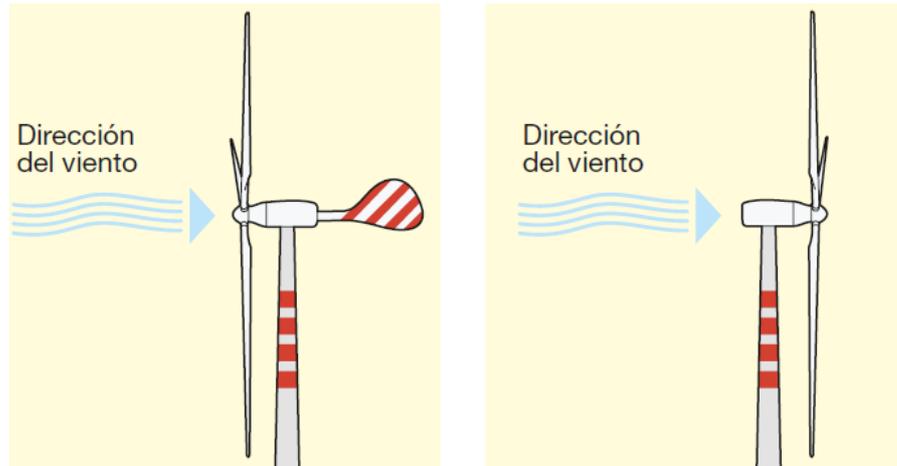


Figura 4.37 Barlovento con aleta direccional y Sotavento sin aleta direccional.

El aerogenerador de eje horizontal de tres palas (figura 4.38 A) es el modelo más generalizado, aunque existen modelos de dos palas (figura 4.38 B), de una sola pala dotada de contrapeso (figura 4.38 C) que ya no se usan en la actualidad y multipala, usado sobretodo en micro eólica (figura 4.38 D).



Figura 4.388 Aerogenerador de eje horizontal tripala (A), aerogenerador de eje horizontal bipala (B), aerogenerador de eje horizontal monopala (C) y aerogenerador de eje horizontal multipala (D).

Dado que la velocidad de rotación disminuye al crecer el número de palas (mientras que el par aumenta), los rotores de dos palas giran a más velocidad que los de 3 (40 rpm de media frente a 30 rpm de los tripala), de manera que el ruido aerodinámico es mayor. Además tenemos que tener en cuenta que un rotor bipala está sometido a desequilibrios debidos a la variación del viento con la altura; a efecto giroscópicos, cuando la góndola se orienta tiene un momento de inercia inferior cuando las palas están en posición vertical que cuando están horizontales. Como solución a este problema, generalmente incorporan un buje basculante que les permite equilibrar el empuje asimétrico en el rotor. En cualquier caso, el rotor bipala es más ligero, por lo que todas las estructuras de soporte pueden ser menos masivas, con la consiguiente reducción de costes. Además el impacto visual y el ruido son menos importantes en las instalaciones marinas u offshore, lo cual, junto al menor coste, hace que los aerogeneradores bipala sean más atractivos para estas aplicaciones. En la siguiente tabla se confrontan las principales características de los aerogeneradores de dos y tres palas.

Tabla 4.7 Características de los aerogeneradores de dos y tres palas.

2 PALAS	3 PALAS
Menor coste del rotor (menor peso)	Mayor compensación de las fuerzas aerodinámicas
Más ruidoso (velocidad periférica mayor)	Mayor estabilidad mecánica (fuerzas giroscópicas equilibradas)
Instalación más simple (ensamblaje en tierra de la torre)	Par motor más uniforme
Mayor complejidad de diseño (necesita un buje basculante)	Menor impacto visual

4.3.6. Características de los aerogeneradores.

Atendiendo a la potencia de los aerogeneradores, las instalaciones eólicas pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Microeólicas para potencias inferiores a 20 kW y por instalaciones destinadas principalmente al suministro eléctrico.
- Minieólicas para potencias ente 20 y 200 kW con instalaciones principalmente destinadas a la producción y venta de electricidad.
- Eólicas para potencias superiores a 200 kW y constituidas principalmente por parques eólicos para la inyección de la energía producida en la red.

El funcionamiento de un aerogenerador viene determinado por valores específicos de velocidad del viento, relacionados con diferentes fases:

- Velocidad de arranque: el rotor empieza a girar y el alternador genera una tensión, que aumenta con la velocidad del viento.

- Velocidad de acoplamiento (2 m/s – 4 m/s): cuando la tensión es lo suficientemente elevada para la aplicación específica, entonces se empieza a producir energía y se activa todo el circuito, el cual constituirá la carga del aerogenerador.
- Velocidad nominal (10 m/s – 14 m/s): es la velocidad a la cual se genera la potencia nominal.
- Velocidad de desconexión (20 m/s – 25 m/s): es la velocidad del viento a partir de la cual el rotor debe detenerse para evitar daños en la máquina. El sistema de control interviene mediante dispositivos adecuados, activos o pasivos.

Un aerogenerador debe estar preparado para soportar durante su vida útil la peor tormenta que pueda darse en el emplazamiento donde está instalado. Si el aerogenerador va a utilizarse durante 20 años, se considerará como ráfaga máxima la que se repite de media cada 50 años. La siguiente tabla (IEC EN 61400-1) muestra las distintas clases de aerogeneradores en función de la velocidad V_{ref} (velocidad del viento de referencia medida durante 10 minutos).

Tabla 4.8 Parámetros de la velocidad del viento según las clases de aerogeneradores.

CLASE DE AEROGENERADOR		I	II	III	S
V_{ref}	(m/s)	50	42,5	37,5	Valores especificados por el diseñador
A	I_{ref} (-)		0,16		
B	I_{ref} (-)		0,14		
C	I_{ref} (-)		0,16		

Dónde:

- V_{ref} es la velocidad media del viento de referencia durante 10 minutos.
- A corresponde a la categoría con características de turbulencia superiores.
- B corresponde a la categoría con características de turbulencia medias.
- C corresponde a la categoría con características de turbulencia inferiores.
- I_{ref} es el valor previsto de intensidad de la turbulencia a 15 m/s.

Hasta hace poco, la potencia más habitual de los aerogeneradores se situaba entre 600 kW y 850 kW, generalmente con rotores compuestos por 3 palas, con diámetros entre 40 m y 55 m y una altura del buje respecto al suelo de unos 50 m.

En los últimos tiempos, en el norte de Europa se han empezado a instalar turbinas de tres palas con potencias de 1,5 MW a 3 MW, diámetros entre 70 m y 90 m y una altura de buje de unos 100 m.

Los aerogeneradores pequeños incluyen turbinas de eje vertical con una potencia desde decenas de W hasta algunos kW, para aplicaciones aisladas de la red o conectadas a ella para suministro doméstico. En lo que respecta a los aerogeneradores de gran tamaño, existen turbinas de 5 MW ó 6 MW con diámetros de rotor entre 120 m y 130 m,

de uso típico en aplicaciones offshore. La potencia máxima del mayor aerogenerador actualmente en el mercado es de 8 MW, pero ya se diseñan turbinas de 10 MW con diámetro de rotor de 160 m.

El interés por las instalaciones offshore se debe a que permiten aprovechar vientos de mayor intensidad al tiempo que tienen un menos impacto visual. Además, mientras la productividad anual de una instalación terrestre es del orden de 1.500 – 2.500 MWh/MW, la de una instalación marina es del orden de 3.000 – 3.500 MWh/MW.

Con las tecnologías disponibles para la instalación de aerogeneradores cimentados sobre el fondo marino pueden explotarse zonas offshore con profundidades de hasta 30 – 40 m. Para profundidades mayores se recurre a los aerogeneradores flotantes (en fase experimental). A pesar de todo esto, los parques eólicos offshore suponen una inversión considerable en relación con las instalaciones onshore debido a los costes derivados de las cimentaciones submarinas y la instalación en el mar. La inversión de estos parques es de 2.800 - 3.000 €/kW aproximadamente frente a los 1.800 – 2.000 €/kW de las instalaciones de gran tamaño en tierra. Aún más caros son los costes de la inversión en las instalaciones de pequeño tamaño (minieólica), que pueden llegar a los 2.500 – 4.000 €/kW.



Figura 4.39 Aerogeneradores marinos con estructura flotante.

En promedio, el reparto de la inversión de una instalación eólica corresponde a un 70% para los aerogeneradores y un 30% para el resto de factores (cimentaciones, instalación, infraestructuras eléctricas, etc).

La vida útil de las instalaciones eólicas se estima en unos 30 años, aunque habitualmente se desmantelan ya a los 20 años, debido a la disminución progresiva de la producción energética causada por el envejecimiento de los componentes de los aerogeneradores.

Tabla 4.9 Ejemplo de características de un aerogenerador.

POTENCIA NOMINAL	4,5 MW
Número de palas	3
Diámetro del rotor	120 m
Control	Inclinación de la pala y velocidad variable
Longitud de la pala	58 m
Cuerda máxima de la pala	5 m
Peso de una pala	18 t
Peso de la góndola con rotor y palas	220 t
Peso de la torre (estructura tubular de acero)	220 t
Altura de la torre (dependiendo de las condiciones locales del viento)	90 – 120 m
Diámetro de la torre en la base	5,5 m
Velocidad de rotación del rotor	9 -15 rpm
Relación del multiplicador	100 – 1
Velocidad del viento de arranque del aerogenerador	4 m/s
Velocidad nominal del viento	12 m/s
Velocidad del viento de desconexión del aerogenerador	25 m/s

4.3.7. Coste de la energía eólica.

La energía eólica puede considerarse, en especial cuando se genera en parques eólicos multimegavatio, una energía en término de costes, de impacto medioambiental y de retorno de la inversión (de 3 a 5 años).

Como podemos observar en la siguiente tabla, la energía procedente de grandes instalaciones eólicas conlleva unos costes de inversión y producción (incluyendo los costes de mantenimiento, combustible y de personal) comparables a los de una central térmica de carbón tradicional.

Tabla 4.10 Coste de la energía eólica producida en comparación con otras fuentes.

COSTES DE LA ENERGÍA		
Tipo de instalación	Coste de inversión €/kWh	Coste de la energía generada €/kWh
Instalación eólica multimegavatio	1.000 – 2.200	0,04 – 0,08
Central térmica de carbón	1.000 – 1.350	0,05 – 0,09
Central térmica de gas	500 – 700	0,03 – 0,04

4.3.8. La energía eólica en el Mundo y en la Unión Europea.

En el mundo, a finales del 2009 la potencia eólica instalada ha rondado los 160.000 MW con un crecimiento global del 233% desde 2004, mientras que a finales del 2010 la potencia eólica ha alcanzado los 194.000 MW. En la unión Europea, a finales del 2009 se superaron los 73.000 MW instalados con un incremento del 114% respecto al 2004, mientras que a finales del 2010 la potencia eólica alcanzó los 84.000 MW, de los que casi 3.000 MW corresponden a instalaciones eólicas offshore. Concretamente en la Unión Europea (UE), Alemania es el país con más instalaciones, con una potencia total de más de 25.000 MW, seguida por España con más de 19.000 MW e Italia, Francia y Reino Unido a continuación. Como puede verse en la siguiente figura, estas 5 naciones representan el 74% de los más de 73.000 MW de potencia eólica instalada en la UE.

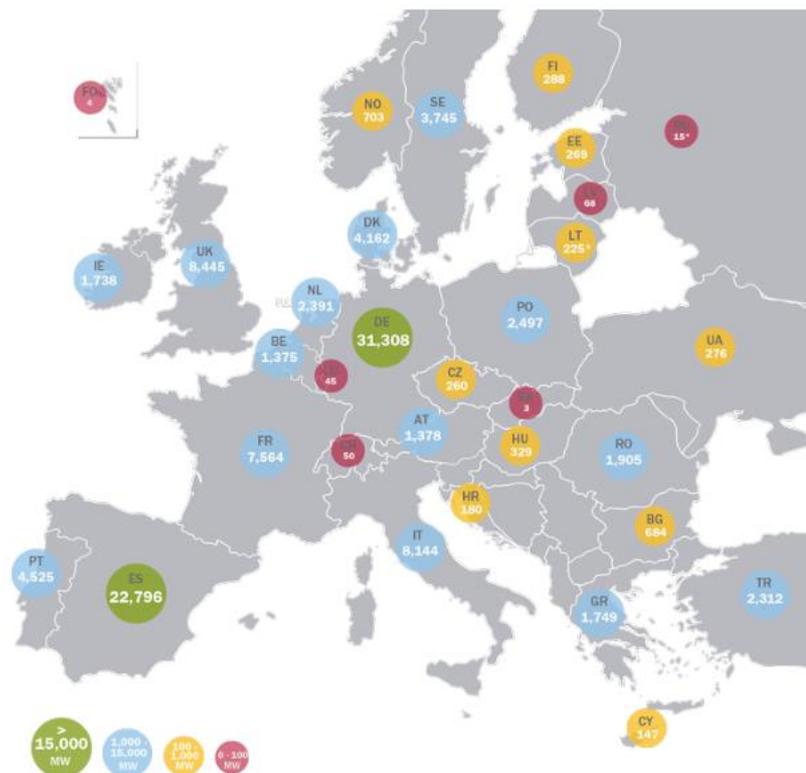


Figura 4.40 Potencia instalada por los países de la Unión Europea en 2012 (MW).

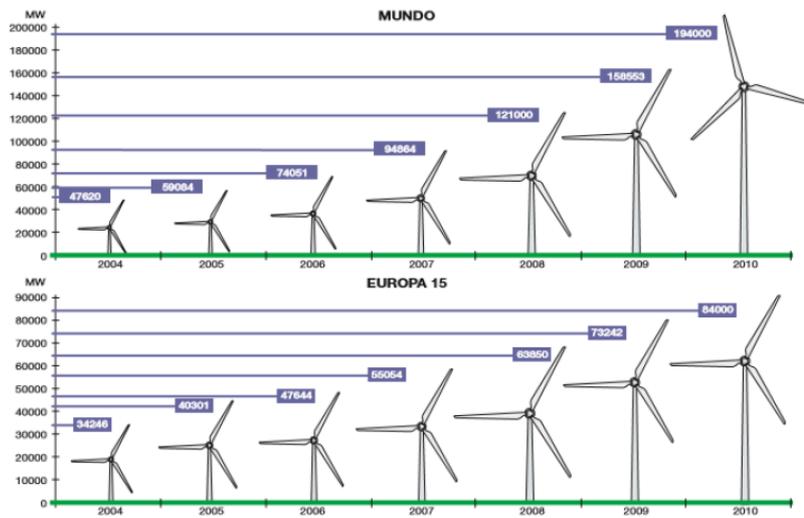


Figura 4.41 Evolución de la energía eólica en el Mundo y en Europa.

4.3.9. Minieólica.

Al igual que en el apartado anterior en el que hablábamos sobre la microgeneración, también es de interés hacer un repaso a la energía eólica producida a menor escala o minieólica.

La energía minieólica fue originalmente definida por sus características de producir poca cantidad de electricidad para cubrir el consumo de los electrodomésticos o cubrir la demanda de varios hogares con poca demanda eléctrica.

Aunque el recurso es igual que en la gran eólica, las instalaciones minieólicas tienen sus características propias que la definen:

- Generación de energía próxima a los puntos de consumo, reduciendo las pérdidas de transporte (generación distribuida).
- Versatilidad de aplicaciones y ubicaciones, ligado al autoconsumo, con posibilidad de integración en sistemas híbridos, y tecnologías existentes para suelo y cubierta.
- Accesibilidad tecnológica al usuario final, por las relativamente bajas inversiones requeridas, con una instalación sencilla (sin apenas necesidad de obra civil), facilidad de transporte de equipamientos y montaje.
- Funcionamiento con vientos moderados, sin requerir de complejos estudios de viabilidad.
- Aprovechamiento de pequeños emplazamientos o de terrenos con orografías complejas.
- Suministro de electricidad en lugares aislados y alejados de la red eléctrica. Optimización del aprovechamiento de las infraestructuras eléctricas de distribución existentes, a las que se conecta directamente, sin requerir infraestructuras eléctricas adicionales de evacuación.
- Bajo coste de operación y mantenimiento y elevada fiabilidad.

- Reducido impacto ambiental, por menor tamaño e impacto visual, y por su integración en entornos humanizados.

Para la instalación de una miniturbina eólica debemos de tener en cuenta una serie de consideraciones:

- En la zona en la que se ubique ha de soplar el viento suficiente y debe de contar con espacio para poder realizar el montaje de una instalación de estas características.
- El viento ha de llegar correctamente a la turbina, sin encontrar obstáculos, como edificios o árboles cercanos.
- Se necesita sitio para realizar el anclaje.

Si bien a priori parece viable la instalación de tal turbina, esto no lo es tanto, pues debido a los trámites burocráticos para conectar dicha instalación a la red eléctrica nacional y a que el precio de las turbinas de minieólica tienen aún un coste muy elevado, de entre 3.000 €/kW y los 9.000 €/kW de potencia, podríamos decir que aún existen demasiados impedimentos para invertir en uno de estos aparatos.



Figura 4.42 Miniturbina eólica enair 30 1.500W (pvp: 6.000€).

4.4. Energía fotovoltaica.

4.4.1. Generalidades.

Una planta fotovoltaica (FV) transforma directa e indirectamente la energía solar en energía eléctrica sin utilizar combustibles. De hecho, la tecnología fotovoltaica (FV) se aprovecha del efecto fotoeléctrico, a través del cual algunos semiconductores “dopados” generan electricidad al ser expuestos a la radiación solar.

Las principales ventajas de las plantas fotovoltaicas (FV) son, en resumen:

- Generación distribuida donde sea necesario.
- No se emiten materiales contaminantes.

- Ahorro de combustibles fósiles.
- Fiabilidad de las plantas, ya que carecen de partes móviles (la vida útil suele superar los 20 años).
- Costes de mantenimiento y funcionamiento reducidos.
- Modularidad del sistema (para aumentar la potencia de la planta sólo debemos aumentar el número de paneles) conforme a la demanda real de los usuarios.

Sin embargo, el coste inicial de desarrollo de una planta FV es bastante elevado, debido a un mercado que todavía no ha alcanzado su madurez plena desde el punto de vista técnico y económico. Además la generación de energía es errática a causa de la variabilidad de la fuente de energía solar.

La electricidad anual generada por una planta FV depende de distintos factores, entre ellos:

- Radiación solar incidente en el lugar de instalación.
- Inclinación y orientación de los paneles.
- Presencia o no de sombras.
- Rendimientos técnicos de los componentes de la planta (principalmente módulos e inversores).

Las principales aplicaciones de las plantas FV son:

- Instalaciones (con sistemas de almacenamiento). Para usuarios aislados de la red.
- Instalaciones para usuarios conectados a la red de baja tensión (BT).
- Plantas de energía solar fotovoltaica, normalmente conectadas a la red de media tensión (MT).

Una planta FV está compuesta principalmente por un generador (paneles FV), un bastidor de soporte para montar los paneles sobre el terreno, un edificio o la estructura de un edificio; por un sistema de control y acondicionamiento energético, por un posible sistema de almacenamiento de la energía, para cuadros y apartamentos eléctricos que alojan los equipos de protección y maniobra, así como por los cables de conexión.

4.4.2. Componentes principales de una planta fotovoltaica.

4.4.2.1. Generador fotovoltaico.

El componente elemental de un generador FV es la célula fotovoltaica, donde tiene lugar la conversión de la radiación solar a corriente eléctrica. La célula está compuesta por una delgada capa de material semiconductor, normalmente silicio tratado, con un grosor de alrededor de 0,3 mm y una superficie de 100 cm² a 225 cm². El silicio, con cuatro electrones de valencia (tetravalente), se “dopa” con átomos trivalentes (p. ej. Boro, dopaje positivo) en una capa y cierto número de átomos pentavalentes (p. ej. Fósforo, dopaje negativo) en la otra. La región tipo P tiene exceso de huecos, mientras que la tipo N tiene exceso de electrones (figura 4.43).

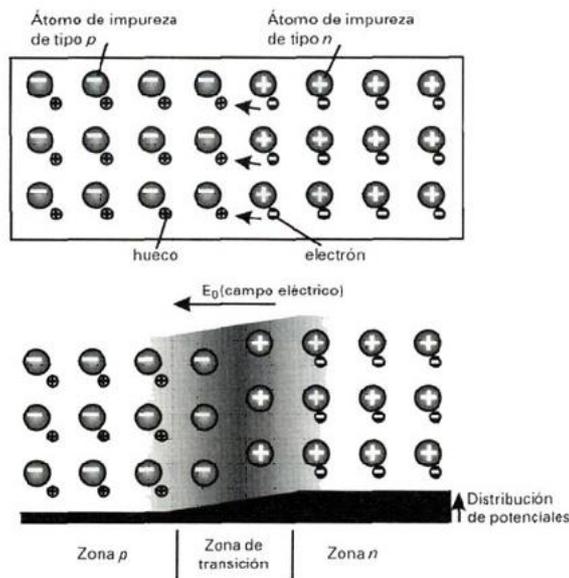


Figura 4.43 Célula fotovoltaica.

En el área de contacto entre las dos capas con diferente dopaje (unión P-N), los electrones tienden a desplazarse desde la mitad con exceso de electrones (N) hacia la mitad con déficit de electrones (P), generando así una acumulación de carga negativa en la región P. Para los huecos de electrones tiene lugar un fenómeno equivalente, con acumulación de carga positiva en la región N. Es por esto que se crea un campo eléctrico en la unión que se opone a la difusión de cargas eléctricas. Al aplicar una tensión desde el exterior, la unión permite el flujo de corriente únicamente en una dirección (funcionando como un diodo). Cuando exponemos la célula a la luz solar, a causa del efecto fotovoltaico se crean algunos pares electrón-hueco tanto en la región N como en la región P. El campo eléctrico interno hace que el exceso de electrones (resultado de la absorción de fotones por parte del material) se separe de los huecos y los impulsa en direcciones opuestas. Como consecuencia, una vez que los electrones han superado la región de agotamiento no pueden regresar ya que el campo evita el flujo en la dirección inversa. Al conectar la unión a un conductor externo se obtiene un circuito cerrado, en el que la corriente fluye de la capa P, con un potencial mayor, a la capa N, con un potencial menor, siempre que la célula esté iluminada (figura 4.44).

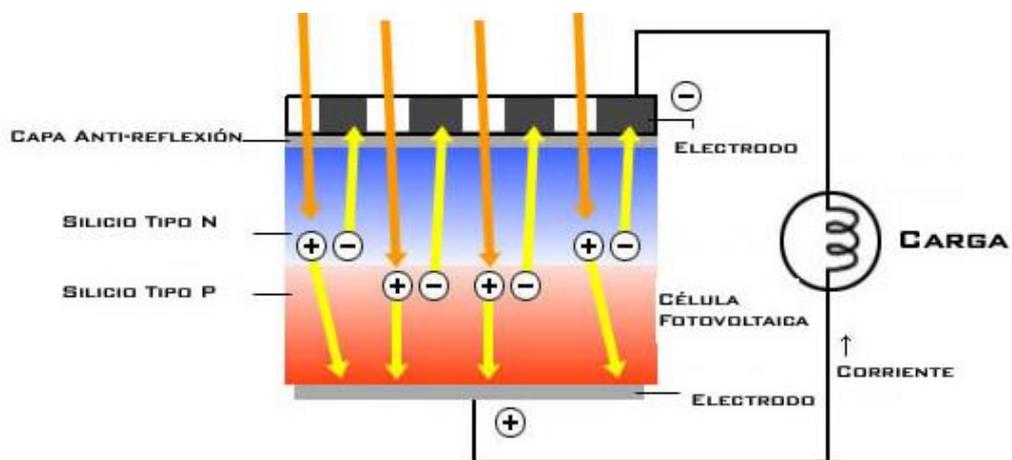


Figura 4.44 Funcionamiento de una célula fotovoltaica.

La región del silicio que interviene en el suministro de corriente es la que rodea la unión P-N; las cargas eléctricas también se forman en las regiones lejanas, pero no está presente el campo eléctrico que provoca su movimiento y por tanto se recombinan. Por ello es importante que la célula FV posea una gran superficie: a mayor superficie, mayor es la intensidad generada. En la siguiente figura podemos observar el efecto fotovoltaico y el balance energético que muestra el porcentaje considerable de energía solar incidente no convertida a energía eléctrica.

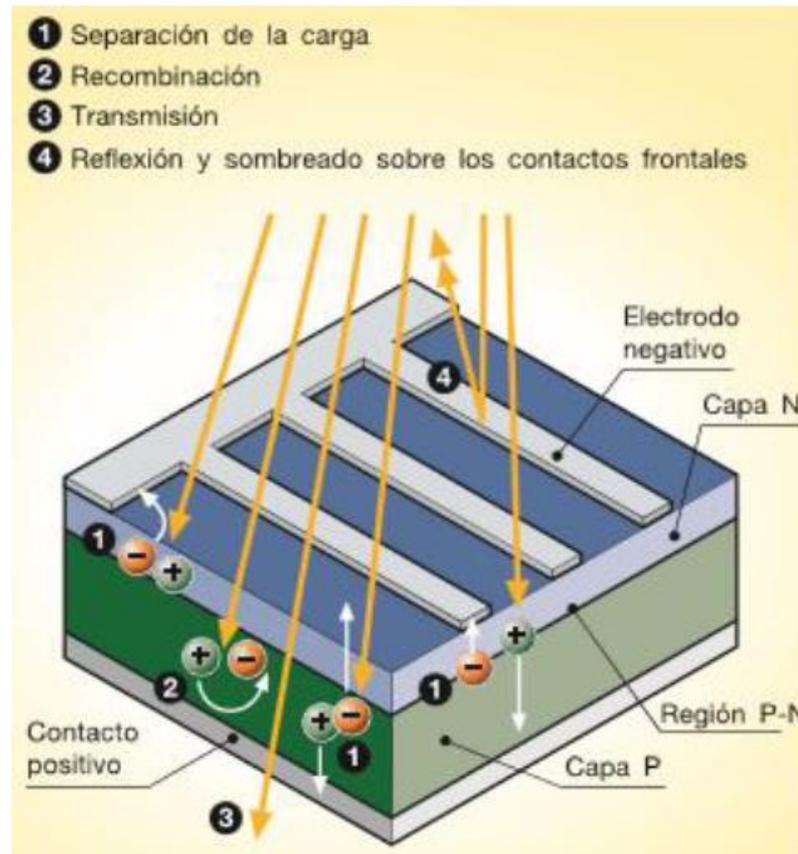


Figura 4.45 Efecto fotovoltaico.

100% de la energía solar incidente:

- 3% pérdidas por reflexión y sombreado sobre los contactos frontales.
- 23% fotones con longitudes de onda larga, con una energía insuficiente para liberar electrones; se genera calor.
- 32% fotones con longitud de onda corta, con exceso de energía (transmisión).
- 8,5% recombinación de portadores de cargas libres.
- 20% gradiente eléctrico en la célula, sobre todo en las regiones de transición.
- 0,5% resistencia en serie que representa las pérdidas por conducción.
- 13% energía eléctrica utilizable.

En las condiciones de funcionamiento estándar (irradiada de 1 W/m^2 a una temperatura de $25 \text{ }^\circ\text{C}$) una célula FV genera una intensidad de 3 A con una tensión de $0,5 \text{ V}$ y una potencia pico de $1,5 \text{ Wp}$ a $1,7 \text{ Wp}$.

En el mercado se comercializan módulos fotovoltaicos compuestos por un conjunto de células. Los más habituales contienen 36 células en 4 hileras paralelas conectadas en serie, con un área comprendida entre $0,5 \text{ m}^2$ y 1 m^2 . Varios módulos conectados mecánica y eléctricamente componen un panel, entendido como una estructura común que puede fijarse al suelo o a un edificio (figura 4.46).



Figura 4.46 Módulos fotovoltaicos en tejado y suelo.

Como observamos en la siguiente figura, varios paneles conectados eléctricamente en serie componen una cadena, y varias cadenas conectadas en paralelo para generar la potencia necesaria constituyen el generador o huerto fotovoltaico.



Figura 4.47 Placas conectadas en serie y huerto fotovoltaico.

Las células fotovoltaicas de los módulos no son exactamente iguales a causa de desviaciones de fabricación inevitables, por eso es posible que dos bloques de células conectados en paralelo no posean la misma tensión. Debido a esto, se genera una corriente que fluye desde el bloque de células de mayor tensión hacia el bloque de células de menor tensión. Como consecuencia, parte de la energía que se genera por el módulo se pierde dentro del mismo (pérdidas por desequilibrio). La falta de igualdad de las células también puede deberse a una irradiación solar diferente, por ejemplo cuando están parcialmente a la sombra o deterioradas. Estas células se comportan como diodos, bloqueando la intensidad generada por las otras células. El diodo depende de la tensión de otras células y puede provocar la perforación de la unión por sobrecalentamiento local, así como daños al módulo.

Para reducir este tipo de problemas, los módulos están equipados con diodos de bypass que cortocircuitan las zonas sombreadas y dañadas del módulo. El fenómeno de desequilibrio también ocurre entre los paneles del campo fotovoltaico como consecuencia de la desigualdad de los módulos, las diferencias en las irradiaciones de los paneles, las zonas de sombra y los defectos en algún panel. Para impedir el flujo de corriente inversa entre los paneles se pueden insertar diodos.

Las células que componen el módulo se encapsulan en un sistema de montaje que:

- Aísla eléctricamente las células del exterior.
- Protege las células de los esfuerzos mecánicos y de los agentes atmosféricos.
- Es resistente a las bajas temperaturas, a los cambios bruscos de temperatura, a la abrasión y a los rayos ultravioleta.
- Disipa el calor fácilmente para evitar que el aumento de temperatura reduzca la energía suministrada por el módulo.

Estas propiedades deben mantenerse durante toda la vida útil prevista para el módulo. La siguiente figura muestra la sección de un módulo estándar de silicio cristalino. Está compuesto por:

- En la parte superior una lámina protectora expuesta a la luz, caracterizada por una elevada transparencia (el material más común es vidrio templado).
- Un material encapsulante que evita el contacto directo entre el vidrio y la célula, elimina los intersticios originados por las imperfecciones superficiales de las células y aísla eléctricamente la célula del resto del panel; en procesos que requieren laminación suele utilizarse etileno vinilo acetato (EVA).
- En la parte posterior un sustrato de soporte (vidrio, metal, plástico).
- Un bastidor metálico, normalmente de aluminio.

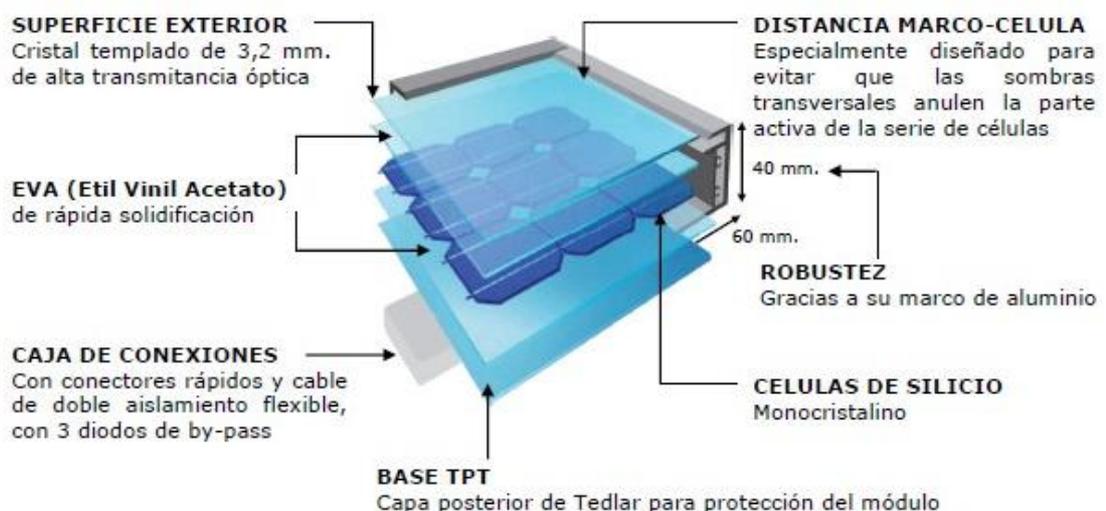


Figura 4.48 Sección de módulo fotovoltaico estándar de silicio.

En los módulos de silicio cristalino, una vez construidas las células, se utilizan contactos metálicos soldados para conectarlas. En los módulos de capa fina, la conexión eléctrica es parte del proceso de fabricación de las células, siendo posible gracias a una capa de óxidos metálicos transparentes, como óxido de zinc u óxido de estaño.

4.4.2.2. Inversor.

El sistema de acondicionamiento y control energético está formado por un inversor que transforma la corriente continua en alterna y controla la calidad de la energía destinada a la red mediante un filtro L-C montado en el interior del propio inversor. En la figura que se muestra a continuación, podemos observar el esquema de conexión de un inversor. Los transistores, utilizados como conductores estáticos, se controlan mediante una señal de apertura-cierre que en su forma más simple proporciona una onda de salida cuadrada.

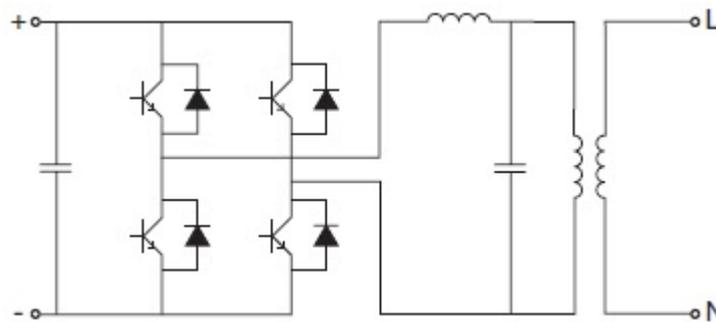


Figura 4.49 Esquema del principio de funcionamiento de un inversor monofásico.

Para que la onda sea lo más sinusoidal posible se utiliza una técnica más sofisticada: modulación del ancho del pulso (PWM, Pulse Width Modulation). Esta técnica permite regular la frecuencia y el valor rms de la forma de onda de salida.

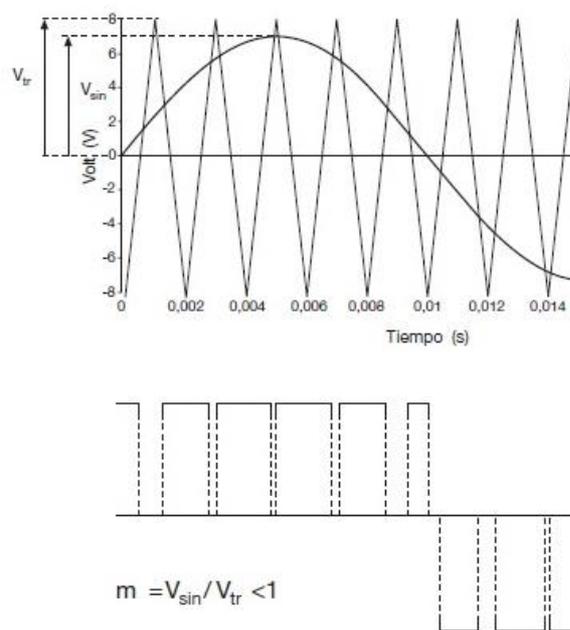


Figura 4.50 Principio de funcionamiento de la tecnología PWM.

La potencia suministrada por un generador FV depende del punto de la instalación en el que está operando. Para optimizar el suministro de energía de la planta, el generador debe adaptarse a la carga, de modo que el punto de funcionamiento corresponda siempre al punto de potencia máxima.

Con este objetivo, dentro del inversor se utiliza un chopper controlado llamado seguidor del punto de potencia máxima (MPPT, Maximum Power Point Tracking). El MPPT calcula el valor instantáneo de la curva I-V (Tensión-Intensidad) del generador al cual se produce la máxima potencia disponible. Tomando la curva I-V del generador FV.

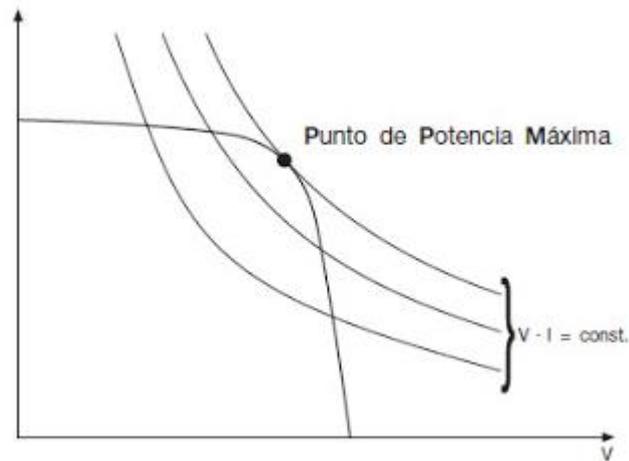


Figura 4.51 Punto de potencia máxima (MPP) de un generador fotovoltaico.

El punto máximo de la transferencia de potencia corresponde al punto tangente entre la curva I-V para un valor dado de la radiación solar y la hipérbola descrita por la ecuación:

$$V \times I = const$$

El sistema MPPT de uso comercial identifica el punto de potencia máxima de la curva característica del generador induciendo, a intervalos regulares, pequeñas variaciones de la carga que determina las desviaciones de los valores tensión-intensidad y evaluando si el producto resultante I-V es mayor o menor que el anterior. En caso de aumento de carga, se mantiene la variación de las condiciones de carga en la dirección elegida. De lo contrario, se modifican las condiciones en el sentido opuesto.

Debido a las características de los rendimientos necesarios, los inversores para plantas aisladas y para plantas conectadas a la red tienen necesidades distintas:

- En las plantas aisladas, los inversores deben ser capaces de proporcionar una tensión en la lado CA lo más constante posible dentro de la variabilidad de la producción del generador y de la demanda de carga.
- En las plantas conectadas a la red, los inversores deben reproducir, lo más fielmente posible, la tensión de red y al mismo tiempo deben intentar optimizar y maximizar la energía de salida de los paneles FV.

4.4.3. Tipologías de paneles fotovoltaicos.

Existen dos tipos de paneles fotovoltaicos:

- Paneles de silicio cristalino.
- Paneles de capa fina.

Los cuales detallamos a continuación:

4.4.3.1. Paneles de silicio cristalino.

En la actualidad el mercado está dominado por la tecnología del silicio cristalino, que representa un 90% del sector. Se trata de una tecnología madura desde el punto de vista de la eficiencia obtenible y de los costes de fabricación y probablemente continuará dominando el mercado a corto-medio plazo.

Se dividen en dos categorías:

4.4.3.1.1. Paneles de silicio monocristalino

Los paneles monocristalinos homogéneos están hechos de cristal de silicio cristalino de alta pureza. El lingote de silicio monocristalino es cilíndrico, con un diámetro de 13 cm a 20 cm y una longitud de 200 cm. Se obtiene a partir del crecimiento de un cristal filiforme en rotación lenta. Posteriormente, este cilindro se corta en obleas de $200\mu\text{m}$ - $250\mu\text{m}$ de grosor cuya superficie se trata para obtener "microsurcos" destinados a minimizar las pérdidas por reflexión.

La principal ventaja de estas células es la eficiencia (14% a 17%), junto con la larga duración y el mantenimiento de las propiedades a lo largo del tiempo. El coste de estos módulos es de alrededor de 3,2 €/W a 3,5 €/W y los paneles realizados a partir de estas tecnología normalmente se caracterizan por un color azul oscuro homogéneo.



Figura 4.52 Panel de silicio monocristalino.

4.4.3.1.2. Paneles de silicio policristalino.

En este tipo de paneles los cristales que componen las células se agregan adoptando formas y direcciones diferentes. De hecho, las iridiscencias características de las células de silicio policristalino están causadas por las diferentes direcciones de los cristales, comportándose de forma distinta frente a la luz. El lingote de silicio policristalino se obtiene a partir de la fusión y el colado del silicio en un molde con forma de paralelepípedo. Las obleas así obtenidas son cuadradas y presentan unas estrías típicas de 1.800 μm - 300 μm de grosor.

Su eficiencia es menor que la del silicio monocristalino (12% a 14%), al igual que su coste que también lo es: de 2,8 €/W a 3,3 €/W. A pesar de esto, su duración es larga (respecto a las del silicio monocristalino) y buena parte del rendimiento se mantiene a lo largo del tiempo (85% de la eficiencia inicial tras 20 años).

Las células fabricadas mediante esta tecnología se reconocen con facilidad, ya que en su superficie son claramente reconocibles los granos cristalinos.

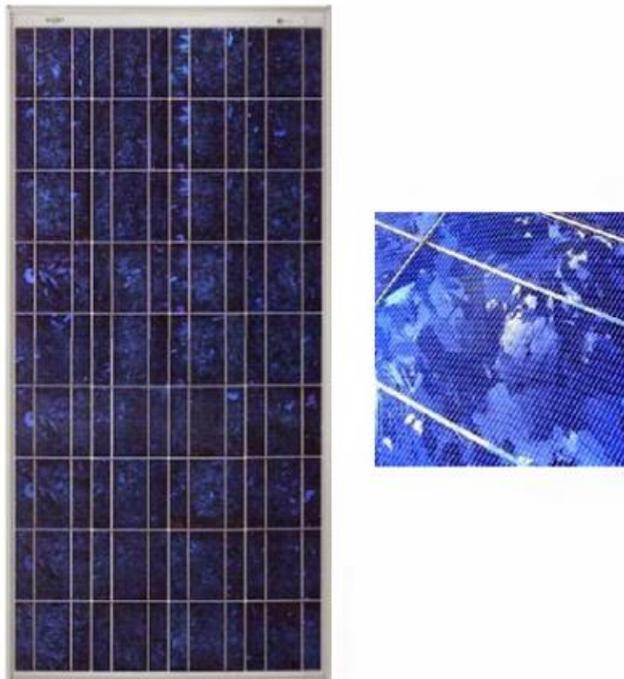


Figura 4.53 Panel de silicio policristalino.

4.4.3.2. Paneles de capa fina.

Las células de capa fina están compuestas por material semiconductor depositado, normalmente como mezclas gaseosas, en soportes tales como vidrio, polímeros o aluminio, que le dan una consistencia física a la mezcla. La película semiconductor tiene un grosor de unas pocas micras, mientras que las células de silicio cristalino poseen un grosor de varios cientos de micras. Como consecuencia, el ahorro de material es notable y la posibilidad de disponer de un soporte flexible aumenta el campo de aplicación de este tipo de células (figura 4.54). Los materiales empleados son:

- Silicio amorfo.
 - CdTeS (Telururo de cadmio-sulfuro de cadmio).
 - GaAs (Arseniuro de galio).
 - CIS, CIGS y CIGSS (aleaciones de diseleniuro de indio-cobre).



Figura 4.54 Módulo de capa fina.

El silicio amorfo (símbolo a-Si) depositado como una película sobre el soporte (p.ej. aluminio) ofrece la posibilidad de disponer de tecnologías FV a unos costes reducidos comparados con los del silicio cristalino, pero con el inconveniente de que la eficiencia de estas células tiende a empeorar con el tiempo. El silicio amorfo también puede ser pulverizado sobre una lámina delgada de plástico o material flexible. Se utiliza sobre todo en los casos en los que es necesario minimizar el peso del panel y adaptarlo a superficies curvas. La eficiencia de este tipo de paneles (5% a 6%) es muy baja a causa de las muchas resistencias que se oponen al flujo de electrones. También debemos destacar que el rendimiento de las células tiende a empeorar con el tiempo. Una de las aplicaciones interesantes de esta tecnología es la “tándem”, que consiste en combinar una capa de silicio amorfo con una o más capas de silicio cristalino multiunión; gracias a la separación del espectro solar, cada unión colocada en secuencia trabaja en su punto óptimo y garantiza niveles más elevados de eficiencia y de resistencia.

Las células solares de CdTeS constan de una capa P (CdTe) y de otra N (Cds) que forman una heterounión P-N.

Las células de CdTeS presentan una eficiencia mayor que las de silicio amorfo: entre 10% y 11% para los productos industriales (15,8% en pruebas de laboratorio). La producción a gran escala de la tecnología CdTeS trae consigo el problema medioambiental en cuanto al CdTe que contiene la célula: al no ser soluble en agua y ser más estable que otros compuestos de cadmio, puede convertirse en un problema si no se recicla o utiliza de una forma apropiada (figura 4.55). El coste unitario de tales módulos es de 1,5 €/W a 2,2 €/W.

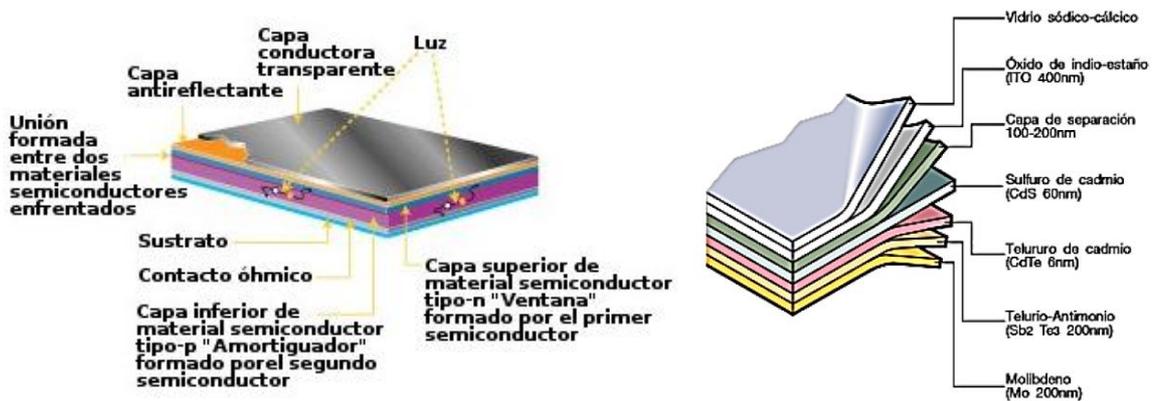


Figura 4.55 Estructuras de células de capa fina basadas en CdTe-CdS.

Hoy en día, la tecnología GaAs es la más interesante en términos de eficiencia obtenida, por encima del 25% y hasta un 30%, pero la producción de estas células se ve limitada por sus altos costes y por la escasez del material, que se utiliza fundamentalmente en los semiconductores de alta velocidad y en la industria optoelectrónica. De hecho, la tecnología GaAs se utiliza principalmente para aplicaciones espaciales donde el peso y las dimensiones reducidas tienen un papel determinante.

Los módulos CIS/CIGS/CIGSS forman parte de una tecnología aún en desarrollo. El silicio se sustituye por aleaciones especiales como:

- Cobre, indio y selenio (CIS).
- Cobre, indio, galio y selenio (CIGS).
- Cobre, indio, galio, selenio y azufre (CIGSS).

La eficiencia actual es del 10% al 11% con rendimientos constantes en el tiempo. En el silicio tanto mono como policristalino se prevé una reducción en los costes de producción, de momento alrededor de 2,2 €/W - 2,5 €/W.

La cuota de mercado de las tecnologías de capa fina es todavía muy limitada ($\approx 7\%$), pero las soluciones con mayores capacidades a medio y largo plazo se toman en consideración para una reducción sustancial del precio. Al depositar la capa fina directamente a gran escala (más de 5 m^2), los desechos resultantes del corte de obleas de silicio cristalino pueden evitarse. Las técnicas de depósito son procesos de bajo consumo energético y por lo tanto el tiempo de amortización es corto, entendido como el tiempo que debe estar funcionando una planta FV antes de que la energía consumida en su construcción se haya generado (alrededor de un año en el caso de capas dinas de silicio amorfo frente a los dos años para el silicio cristalino). Comparados con los módulos de silicio cristalino, los de capa fina presentan una menor dependencia de la eficiencia respecto a la temperatura de funcionamiento y una buena respuesta también ante casos en los que la componente difusa de la luz es más marcada y los niveles de radiación son bajos, sobre todo en días nublados.

Tabla 4.11 Comparación de tecnologías en paneles de capa fina.

	GaAs (arseniuro de galio)	CsTe (telururo de cadmio)	CIS (aleación de seleniuro de indio-cobre)
<i>η célula</i>	32,5%	11%	12%
<i>Ventajas</i>	Gran resistencia a altas temperaturas (adecuado para concentradores)	Bajo coste	Muy consistente
<i>Desventajas</i>	Toxicidad, disponibilidad de materiales	Toxicidad, disponibilidad de materiales	toxicidad

Tabla 4.12 Comparación tipos de células fotovoltaicas.

	Silicio monocristalino	Silicio policristalino	Capa fina (silicio amorfo)
<i>η célula</i>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 14% - 17% 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 12% - 14% 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Monocristal 4% – 6% ○ Tándem 7% - 10%
<i>Ventajas</i>	<ul style="list-style-type: none"> ○ η elevada. ○ η constante. ○ Tecnología fiable. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Menor coste. ○ Producción más simple. ○ Dimensionamiento óptimo. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Menor coste. ○ Influencia de la temperatura reducida. ○ Mayor salida energética con radiación difusa.
<i>Desventajas</i>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mayor energía. ○ Cantidad necesaria para producción. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Sensibilidad a impurezas del proceso de fabricación. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mayores dimensiones. ○ Coste de estructura y tiempo de montaje.

4.4.4. Tipologías de plantas fotovoltaicas.

4.4.4.1. Plantas aisladas.

Las plantas aisladas son aquellas q carecen de conexión a red y están compuestas por paneles FV y un sistema de almacenamiento que garantiza el suministro energético también en condiciones de luminosidad deficiente y oscuridad.

Estas plantas son ventajosas desde el punto de vista tanto técnico como económico cuando no hay red eléctrica disponible o ésta resulta de difícil acceso, ya que pueden utilizarse en lugar de grupos electrógenos. Además, en una configuración aislada, el campo FV está sobredimensionado de forma que durante las horas de insolación, tanto el suministro de carga como la recarga de las baterías de almacenamiento se pueden garantizar con un cierto margen de seguridad que tiene en cuenta los días con poca insolación.

Entre las aplicaciones actuales más frecuente se encuentra el suministro a (figura 4.56):

- Equipos de bombeo de agua.
- Riorrepetidores, estaciones de transmisión de datos y de observación climatológica o sísmica.
- Sistemas de iluminación.
- Sistema de señalización vial, portuaria y aeroportuaria.
- Campings y zonas de servicio para autocaravanas.
- Instalaciones publicitarias.
- Refugios a gran altitud.



Figura 4.56 Cubiertas fotovoltaicas en parking y farolas alimentadas con energía fotovoltaica.

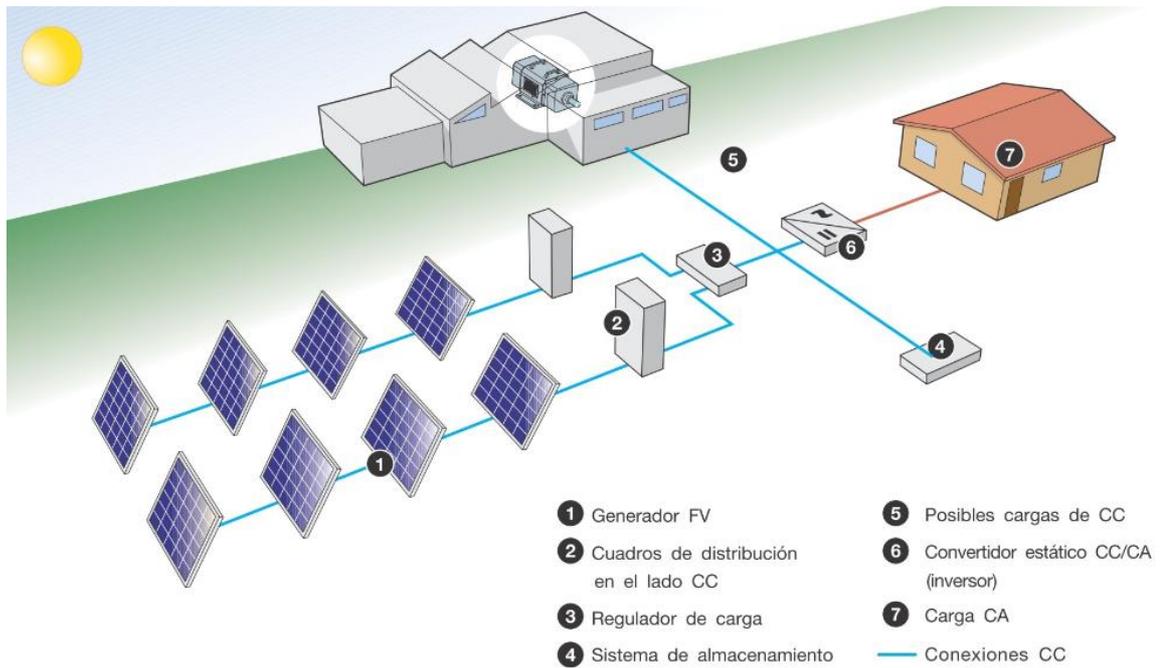


Figura 4.57 Diagrama del principio de funcionamiento de una planta FV aislada.

4.4.4.2. Plantas conectadas a red.

Las plantas con conexión permanente a la red toman energía de ésta en las horas en las que el generador FV no puede producir suficiente energía para satisfacer las necesidades del consumidor. Por el contrario, si el sistema FV produce un exceso de energía, al excedente se inyecta a la red, funcionando así como un acumulador de grandes dimensiones. En consecuencia, los sistemas conectados a la red no requieren bancos de acumuladores.

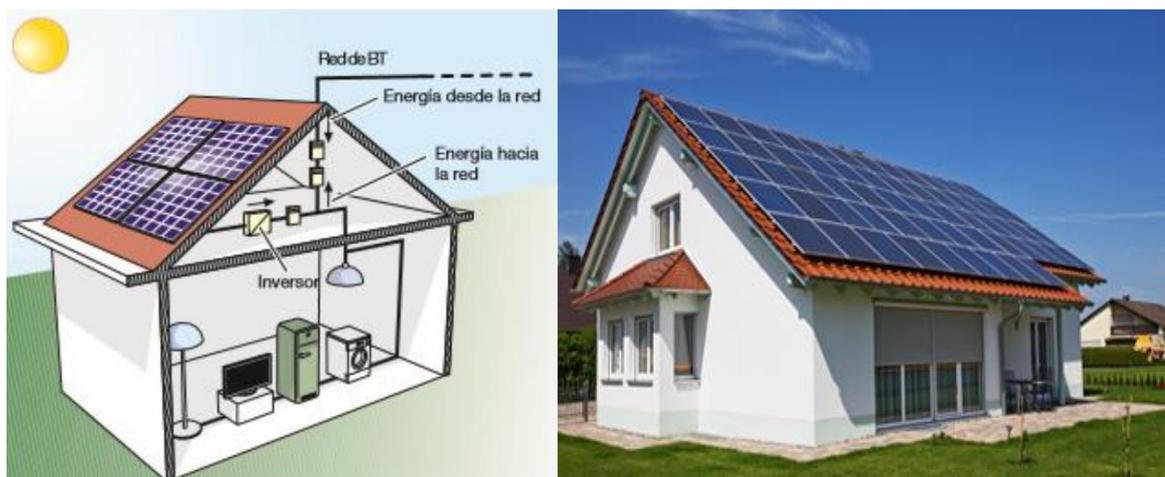


Figura 4.58 Sistemas conectados a red.

Estas plantas ofrecen la ventaja de una generación distribuida en lugar de centralizada: de hecho, la energía producida cerca del área de consumo tienen un valor mayor que la producida en las grandes centrales tradicionales, al limitarse las pérdidas por transmisión y reducirse los costes en concepto de transporte y puesta en marcha de los sistemas eléctricos. Además, la producción energética en las horas de insolación permite que se reduzca los requisitos en la red durante el día, es decir, cuando la demanda es mayor.

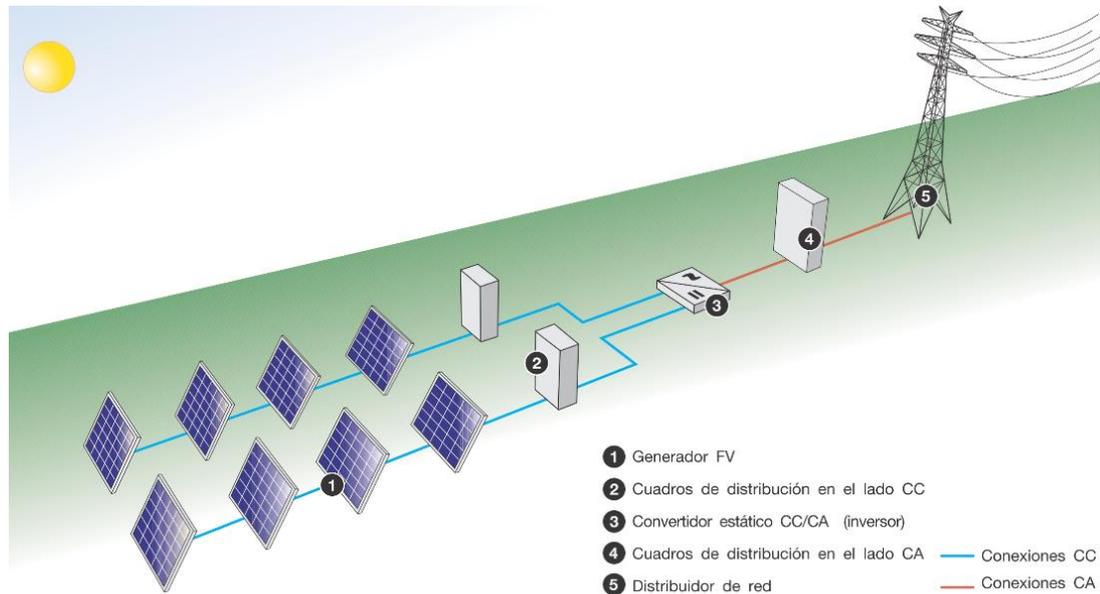


Figura 4.59 Diagrama del principio de funcionamiento de una planta fotovoltaica conectada a red.

La energía fotovoltaica ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años, impulsada por la necesidad de asumir los retos que en materia de generación de energía se representan.

Este crecimiento se ha producido gracias a los mecanismos de fomento de algunos países, que, como España, han propiciado un gran incremento de la capacidad global de fabricación, distribución e instalación de esta tecnología.

A finales de 2010, la potencia acumulada en el mundo era de aproximadamente 40.000 MWp según datos de la European Photovoltaic Industry Association (EPIA), de los cuales cerca de 29.000 MWp, un 72%, se localiza en la Unión Europea (UE).

Las tres áreas de mayor interés en el mundo, según la potencia acumulada, son Europa (destacando Alemania y España, con más de un 52% del total mundial), Japón y EE.UU. Japón con cerca de 3.622 MW acumulados y EE.UU. con aproximadamente 2.727 MW representan el 9% y el 6,80% respectivamente de la potencia total. En la figura 4.60 se representa el histórico de la potencia acumulada a nivel mundial en los últimos años, apreciándose claramente el crecimiento exponencial.

España es uno de los países de Europa con mayor irradiación anual. Es por esto que la energía solar en este país es más rentable que en otros. Regiones como el norte de España, que generalmente se consideran poco adecuadas para la energía fotovoltaica, reciben más irradiación anual que la media en Alemania, país que mantiene desde hace años el liderazgo en la promoción de la energía solar fotovoltaica.

Desde principios de la década de 2000, en concordancia con las medidas de apoyo a las energías renovables que se estaban llevando a cabo en el resto de Europa, se aprobaron leyes que establecieron las condiciones técnicas y administrativas, y que supusieron el inicio de un lento despegue de la fotovoltaica en España. En 2004, el gobierno español eliminó las barreras económicas para la conexión de las energías renovables a la red eléctrica. El Real Decreto 436/2004 igualó las condiciones para su producción a gran escala, y garantizó su venta mediante primas a la generación.

Gracias a esta regulación, y el posterior Real Decreto 661/2007, 147 España fue en el año 2008 uno de los países con más potencia fotovoltaica instalada del mundo, con 2.708 MW instalados en un solo año. Sin embargo, posteriores modificaciones en la legislación del sector ralentizaron la construcción de nuevas plantas fotovoltaicas, de tal forma que en 2009 se instalaron tan sólo 19 MW, en 2010, 420 MW, y en 2011 se instalaron 354 MW, correspondiendo al 2% del total de la Unión Europea.

En términos de producción energética, en 2010 la energía fotovoltaica cubrió en España aproximadamente el 2% de la generación de electricidad, mientras que en 2011 representó el 2,9% de la generación eléctrica, según datos del operador, Red Eléctrica. A finales de 2013 la potencia instalada en España ascendía a 4.679 MW.

El descenso de los niveles de precios de las energías renovables está produciendo que en las economías emergentes, sobre todo las asiáticas e iberoamericanas, se estén utilizando de manera importante, no ya por una motivación ambiental, sino por una pura motivación económica y garantía de suministro. Asia y EE.UU. están tomando el relevo a Europa en el liderazgo de estas tecnologías.

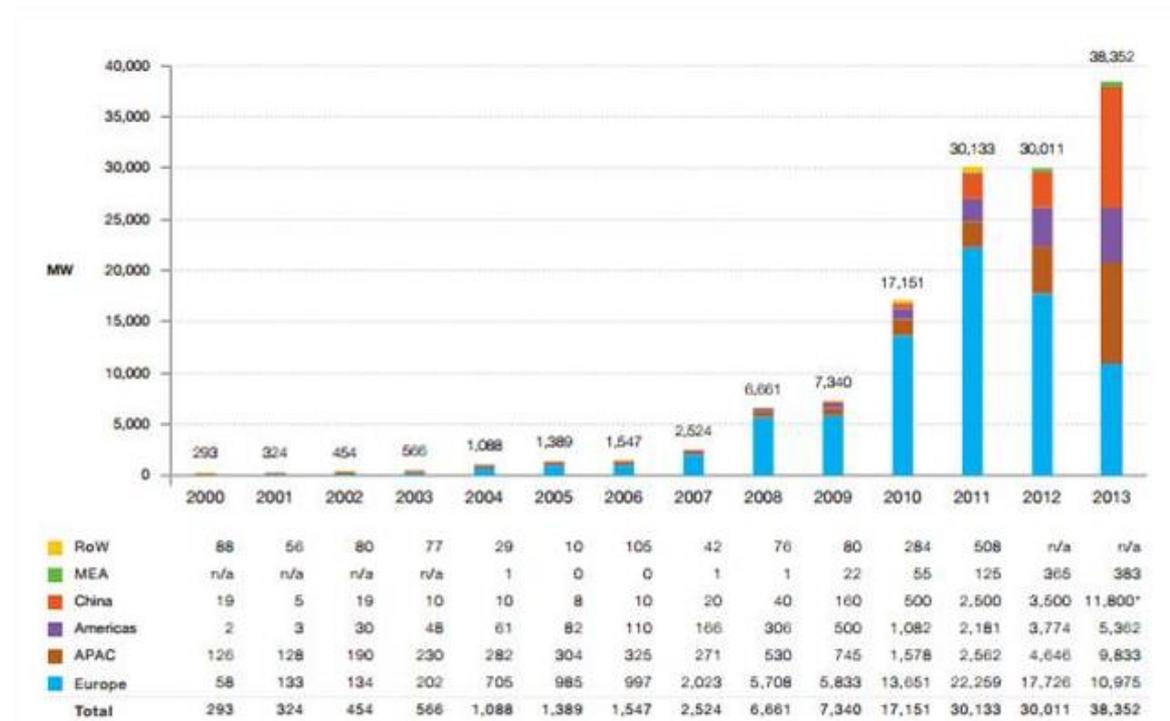


Figura 4.60 Evolución Fotovoltaica de las principales potencias mundiales.

4.5. Energía solar térmica.

4.5.1. Descripción.

4.5.1.1. Radiación solar.

El sol es una estrella que se encuentra a unos 5.500 °C, en la cual se desarrollan unas reacciones que producen una pérdida de masa que se transforma en energía. Esta energía es la que se transmite y se conoce como radiación solar.

De la energía solar que es captada por la atmósfera terrestre, tan sólo alrededor de un tercio es la que llega a la tierra, pero de cualquier manera sigue siendo muy superior al consumo energético mundial.

4.5.1.2. Tipos de radiación solar.

Existen 3 tipos de radiación según como inciden los rayos sobre la tierra:

- Directa: es la que se recibe desde el sol sin producirse ningún tipo de desviación en su dirección a través de su paso por la atmósfera. Esta es la más importante para ser utilizada en aplicaciones de energía solar.
- Difusa: su dirección está sometida a cambios normalmente por la reflexión y difusión en la atmósfera.
- Reflejada: es la radiación directa y difusa que recibe por reflexión en superficies próximas, como puede ser el suelo.

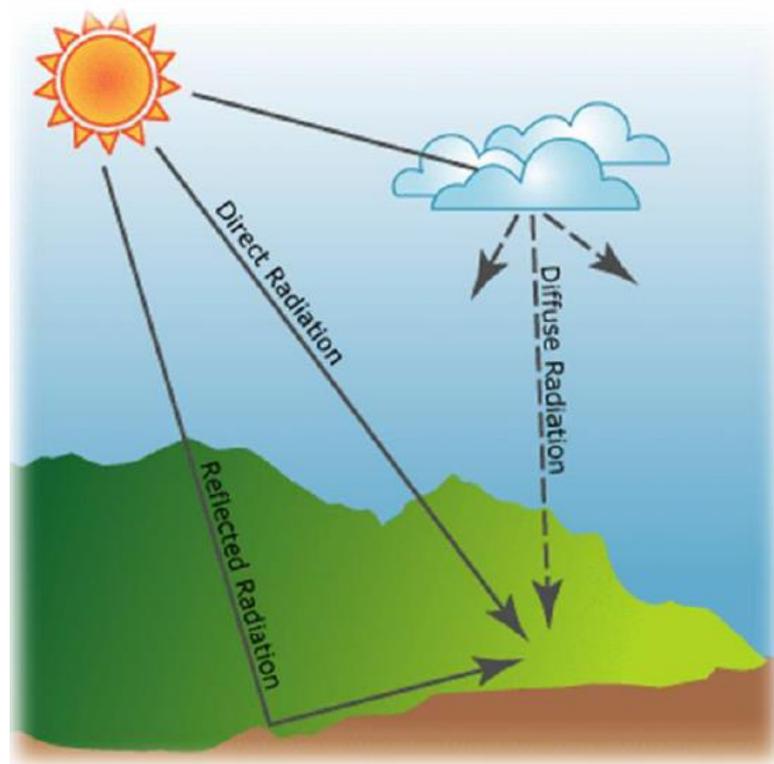


Figura 4.61 Esquema de los tipos de radiación.

La cantidad de radiación de cualquier tipo que se puede captar depende de varios factores:

- Condiciones meteorológicas: en días soleados la radiación será directa y el aprovechamiento mayor, en cambio en días nublados la radiación será difusa.
- Inclinación de la superficie respecto al plano horizontal: las superficies horizontales reciben más radiación difusa y menos reflejada.
- Presencia de superficies reflectantes: las superficies claras son más reflectantes que las oscuras, que son más absorbentes.

La energía solar directa es la energía del sol sin transformar, que calienta e ilumina.

La radiación solar se puede aprovechar de distintas maneras para la climatización de un recinto:

- Empleo directo de la radiación solar: se puede definir como energía solar térmica pasiva. Es la que se aprovecha mediante la colocación de acristalamientos y elementos con gran masa y alta capacidad de absorción de energía térmica.
- Transformación de la radiación solar en calor: se trata de calentar los fluidos que circulan por el interior de los elementos de captación solar, este sistema se define como energía solar térmica.

4.5.1.3. Descripción de sistemas solares térmicos.

Un sistema solar térmico está compuesto por elementos diferentes que son capaces de captar la energía solar y convertirla en calor para su posterior utilización.

Los elementos que forman un sistema solar térmico son:

- Sistema de captación: tiene la misión de captar y transformar la radiación solar en energía térmica del fluido.
- Intercambiador de calor: es el encargado de transferir el calor del fluido de trabajo que circula por un circuito al agua que hay en el circuito secundario.
- Sistema de acumulación: es el elemento que almacena la energía térmica producida en forma de agua para poder emplearla cuando la demanda sea superior a la capacidad de producción.
- Sistema de control: su cometido es asegurar el buen funcionamiento de la instalación y la optimización del mismo.
- Sistema hidráulico: encargado de que los fluidos puedan circular a través de los diferentes circuitos de la instalación.
- Sistema de energía convencional: normalmente el sistema solar térmico servirá para reducir el uso de la energía convencional, pero no será un sustituto total de este, por lo tanto es habitual que exista un sistema de energía convencional.

4.5.1.4. Funcionamiento y características de los captadores dólares.

4.5.1.4.1. Conversión fototérmica.

Una de las características más importantes de la radiación solar es la longitud de onda. Esta radiación está compuesta por diferentes longitudes de onda de la cual la mayoría se corresponden con el espectro visible, por lo tanto puede verse.

La radiación puede clasificarse en:

- Visible: es la que el ojo humano es capaz de captar, como rayos del sol.
- Parte visible y parte no visible: pueden ser las brasas de un fuego, se puede ver la parte de radiación roja y la otra parte que no se ve pero si se siente en forma de calor.
- No visible: fuentes que emiten calor pero no radiación visible, por ejemplo un radiador de calefacción.

Cuando la radiación solar incide sobre un cuerpo pueden ocurrir varios fenómenos:

- Absorción: cuando el cuerpo absorbe parte o toda la radiación que llega sobre él, la radiación absorbida se convierte en calor.
- Reflexión: cuando la radiación llega al cuerpo y es reflejada en parte o en su totalidad.
- Transmisión: resulta cuando la radiación atraviesa el cuerpo.

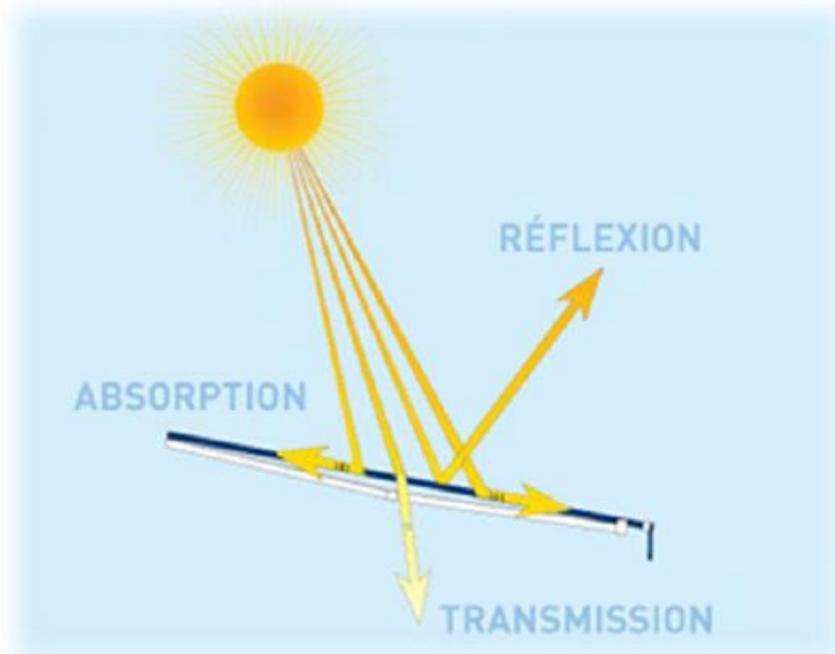


Figura 4.62 Esquema de fenómenos cuando la radiación solar incide sobre un cuerpo.

4.5.1.4.2. Proceso de conversión.

Para lograr la transformación de la energía solar en térmica, esta se realiza mediante una placa de material absorbente expuesta a la radiación solar y colocado sobre un material aislante.

Es importante la elección de un material adecuado para la placa ya que cuanto mayor sea su capacidad de absorción más energía podrá captar. Esta placa conforme capte radiación solar aumenta su temperatura hasta llegar a la conocida como “temperatura de equilibrio”, que suele ser alrededor de 150 °C en los materiales empleados en placas solares.

La transmisión de calor de la placa al fluido se realiza por intercambio de calor, por lo tanto no se conseguirán temperaturas más elevadas que las de equilibrio. Se debe intentar que la placa trabaje a una temperatura baja para evitar pérdidas y conseguir un mayor rendimiento, siendo estas no superiores a los 70 °C. Para evitar pérdidas de calor se coloca un material aislante en la parte inferior. También puede colocarse un vidrio en la parte superior formando una cámara de aire consiguiendo así que se produzca un efecto invernadero.

4.5.1.4.3. Efecto invernadero.

Debido a que un cuerpo puede ser transparente a unas longitudes de onda y a otras no, como es el caso del vidrio, se da el fenómeno conocido como “efecto invernadero”. El efecto invernadero en los captadores solares consiste en que la radiación solar atraviesa el vidrio e incide sobre la placa absorbente, posteriormente la placa emite radiación pero con una longitud de onda superior (4,5 μm – 4,7 μm) a la del vidrio que es transparente (0,3 μm – 3 μm), por lo que se comporta como un material opaco y refleja esa radiación manteniéndola en el interior del captador.

Los materiales más adecuados para utilizar como cubierta transparente del captador son el vidrio y el plástico. Estos materiales deben tener una buena resistencia mecánica para que no se deterioren debido a los fenómenos meteorológicos, como la lluvia o el granizo, y además tener un coeficiente de dilatación pequeño. Estas cubiertas se colocarán de manera adecuada para asegurar la estanqueidad del colector al agua y al aire, reducir las pérdidas térmicas por convección y provocar el efecto invernadero.

4.5.1.5. Tipos de captadores.

4.5.1.5.1. Captador de placa plana.

Son los captadores más utilizados en instalaciones para la producción de ACS. El fluido que circula por el interior es habitualmente agua.



Figura 4.63 Captadores de placa plana.

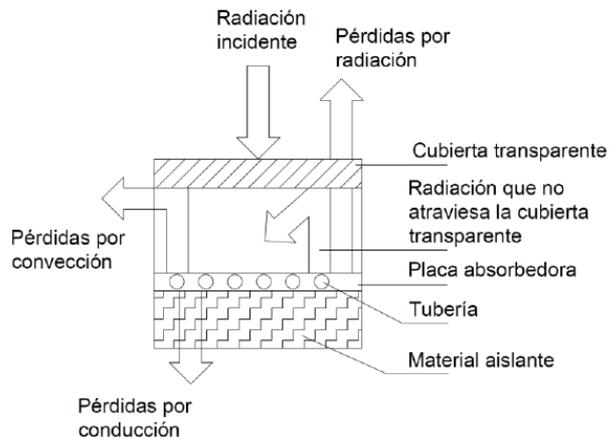


Figura 4.64 Sección de captador de placa plana.

Este tipo de captadores están formados por los siguientes elementos:

- **Absorbedor**: recibe la radiación solar, la convierte en calor y la transmite al fluido portador. Son placas metálicas normalmente realizadas en cobre o aluminio, excepto en los casos que los captadores son sin efecto invernadero, como las de plástico.
- **Aislamiento**: es el elemento encargado de proteger de las pérdidas térmicas del absorbedor en su parte posterior, así como las posibles condensaciones en el captador.
- **Cubierta transparente**: a través de este elemento pasa la radiación solar y se encarga de asegurar la estanqueidad del colector al agua y al aire, reducir pérdidas térmicas por convección y provocar el efecto invernadero en el interior del captador. Debe estar realizado con un material que tenga un coeficiente de dilatación bajo y una resistencia mecánica buena, normalmente plástico o vidrio.
- **Carcasa**: su cometido es adaptarse al edificio o soporte que sostenga la instalación y soportar así como proteger todos los elementos del captador. Debe estar realizado en un material resistente a la corrosión y a los cambios de temperatura.
- **Tuberías**: son los tubos que pasan por el interior de los captadores y pueden estar formados por un serpentín o por una parrilla de tubos y dos colectores que constituyen los conductores de distribución. Suelen ser de cobre.

4.5.1.5.2. Captador sin cubierta.

Son el modelo más sencillo de captador y el incremento de temperatura no es elevada, normalmente no superando los 30 °C. Están recomendados principalmente para la climatización de piscinas.



Figura 4.65 Captador sin cubierta.

4.5.1.5.3. Captador de aire.

Este tipo de captadores tienen un funcionamiento similar a los captadores de placa plana, pero no se emplea agua como fluido caloportador, sino aire, y se utilizan ventiladores para forzar la circulación por el circuito.

Tabla 4.13 Ventajas y desventajas de captadores al aire respecto captador plano.

CON RESPECTO A LOS CAPTADORES PLANOS	
<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
<ul style="list-style-type: none"> ○ No presentan problemas de congelación. ○ Sistema más simple que el hidráulico. ○ No hay riesgo de fugas. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ No existe sistema de acumulación estándar en el mercado. ○ El consumo eléctrico de los ventiladores es mayor que el de las bombas es un sistema solar convencional equivalente. ○ El rendimiento es menor.

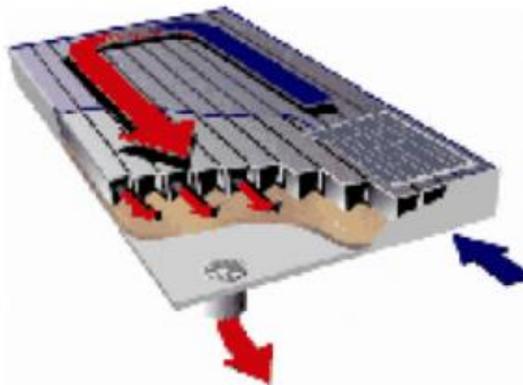


Figura 4.66 Captador de aire.

4.5.1.5.4. Captador de tubo vacío.

Este tipo de captadores están formados por hileras de tubos de cristal conectados en paralelo a una tubería de cabecera y en cada tubo se ha realizado el vacío. Se emplean con el objetivo de reducir las pérdidas y aumentar el rendimiento. Son idóneos para emplearse en zonas frías con diferencias de temperatura elevadas entre el colector y el ambiente. Debido al bajo coeficiente de pérdidas aprovechan la radiación difusa y mantienen un rendimiento aceptable incluso cuando el sol está bajo o parcialmente nublado.

Además de la reducción de pérdidas, este tipo de captadores soportan mejor las condiciones climáticas, como la condensación o humedad, pudiendo así alargar su vida útil y el rendimiento del sistema. Se puede afirmar que son más eficientes que los captadores planos.



Figura 4.67 Captadores de tubos de vacío.

4.5.1.5.5. Captador de vacío.

Son captadores similares a los de tubo de vacío, pero en este caso el vacío se produce en el espacio que queda entre el absorbedor y la cubierta. Existen diferentes tipos según las presiones y reducción de las pérdidas que se consiguen con el vacío que se realiza en su interior.

4.5.1.5.6. Captador parabólico compuesto.

Basándose en que las pérdidas de calor son proporcionales al área del absorbedor y no a la de captación, lo que pretenden estos sistemas es reducir esas pérdidas disminuyendo el área del absorbedor con respecto a la de captación. La concentración de la radiación solar se realiza mediante el uso de reflectores, con una o varias reflexiones y posteriormente forzando la radiación incidente dentro de un ángulo en dirección del absorbedor, este ángulo se conoce como ángulo de aceptación. El ángulo de aceptación es grande en estos captadores y permite aprovechar la radiación directa y difusa.



Figura 4.68 Captadores parabólicos compuestos.

4.5.1.6. Fluidos caloportadores.

Son fluidos que circulan por el circuito primario y están formados por una mezcla de agua y anticongelante. Se podrá emplear solamente agua cuando se utilicen otras medidas para evitar la posible congelación.

4.5.2. Aplicaciones de la energía solar térmica.

Las posibles aplicaciones a partir de energía solar térmica son:

- Calefacción.
- Refrigeración.
- Climatización de piscinas.

4.5.2.1. Calefacción.

Aunque no resulta obligatorio por normativa ni está regulado por el CTE (Código Técnico de la Edificación), pueden aplicarse estos sistemas en calefacción, pero resulta menos provechosa que en ACS (Agua Caliente Sanitaria). La demanda de este tipo de energía para calefacción es variable durante el año y en periodos como verano se tendría una producción de energía que no se podría utilizar. También se debe tener en cuenta que los sistemas de calefacción por radiadores requieren de una temperatura elevada (70°C - 80°C), lo que hace que disminuya el rendimiento de los sistemas solares térmicos.

El funcionamiento consiste en el aprovechamiento de la energía solar mediante captadores para utilizarse de apoyo en calefacción, ya que no es habitual que los sistemas estén optimizados para cubrir el 100% de las necesidades energéticas a lo largo del año por diversos motivos:

- Peligro de sobrecalentamiento en verano.
- No es eficiente optimizar una instalación para un periodo tan corto del año y desperdiciar la energía el resto del tiempo.

Por estas razones se emplean junto con un elemento de generación auxiliar, normalmente una caldera o bomba de calor encargada de elevar la temperatura hasta la necesaria. Además debido a las altas temperaturas que se requieren es conveniente utilizar captadores de tubo de vacío en este tipo de instalaciones.

Estos sistemas se componen de un conjunto de captación, de intercambio y acumulación, y del equipo convencional que proporciona la energía necesaria, todo ello con sus correspondientes elementos de control y regulación.

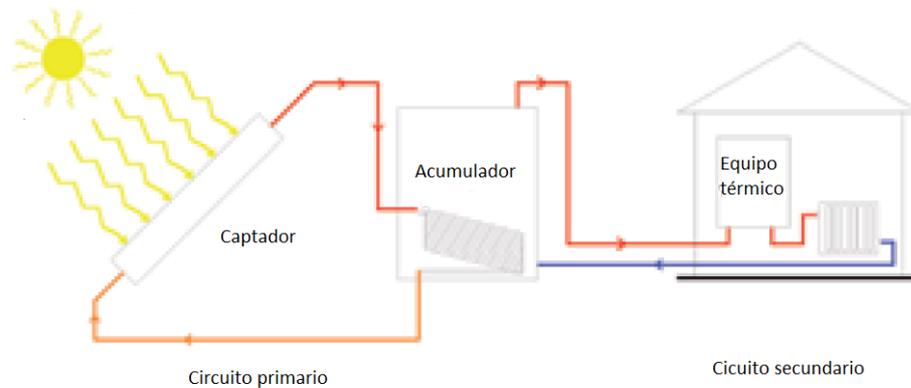


Figura 4.69 Esquema básico de una instalación solar térmica para calefacción.

La calefacción mediante energía térmica se puede adaptar a los principales sistemas de calefacción:

- Rejillas de difusión.
- Radiadores.
- Suelo radiante.

La instalación idónea para trabajar con energía solar es principalmente el sistema de suelo radiante, debido a que sus temperaturas de trabajo son bastante inferiores a los sistemas convencionales como son los radiadores.

Se implementará según sea el caso:

- Instalación existente de radiadores: trabajan a una temperatura entre 70°C-80 °C, muy aconsejable el uso de colectores de tubo de vacío por su mayor rendimiento, lo que encarecería el coste de la instalación.
- Nueva instalación: la más recomendable y beneficiosa para trabajar con energía solar es el sistema de calefacción de suelo radiante u otro similar.

4.5.2.2. Refrigeración.

La energía solar aplicada para la refrigeración es muy ventajosa en el sentido de que coincide el periodo de mayor demanda de este tipo de uso con el periodo de mayor radiación solar, normalmente en la estación de verano.

La demanda de refrigeración es igual o más importante según zonas que la demanda de calefacción. Esta demanda está vinculada a la radiación solar, ya que cuanto mayor radiación solar, normalmente mayor demanda de refrigeración se necesita para satisfacer las necesidades del usuario.

Los sistemas de climatización solar ofrecen diversas ventajas con respecto a los sistemas convencionales:

Tabla 4.14 Ventajas e inconvenientes de los sistemas de refrigeración solar.

REFRIGERACIÓN SOLAR	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ○ El periodo de mayor demanda coincide con el de mayor radiación. ○ Empleo de refrigerantes sin daños al medio ambiente. ○ Reducción de las emisiones de CO₂ ya que no se utilizan compresores mecánicos. ○ Baja demanda de electricidad. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Elevada inversión inicial. ○ Mantenimiento complejo.

La mayoría de estos sistemas de “enfriamiento térmico” que emplean la energía solar se basan en sistemas de absorción y adsorción.

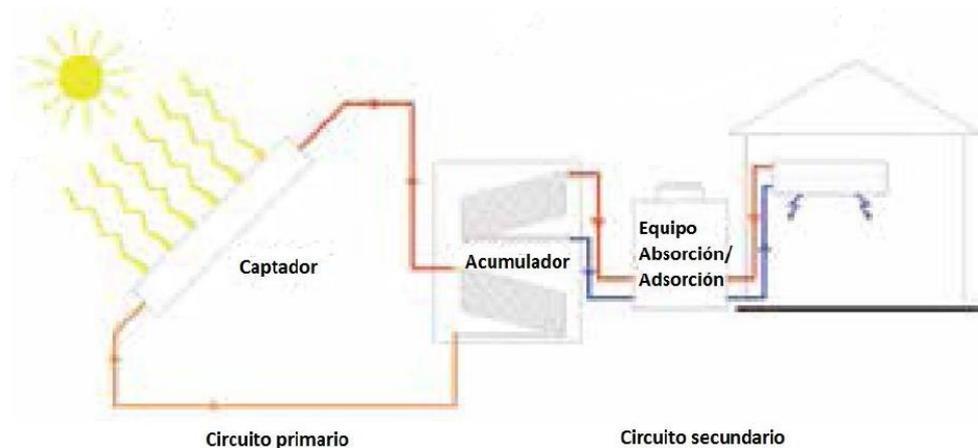


Figura 4.70 Esquema básico de una instalación térmica para refrigeración.

4.5.2.3. Climatización de piscinas.

Debemos diferenciar entre piscinas cubiertas y descubiertas.

4.5.2.3.1. Piscinas descubiertas.

El empleo de captadores solares es muy adecuado ya que se consigue un buen rendimiento debido a que la demanda de energía coincide con el periodo de mayor radiación solar, periodos de primavera, verano, otoño, y además no requieren temperaturas elevadas de uso (25 °C - 30 °C). El tipo de captadores recomendables para este uso exclusivamente son los captadores sin cubierta, ya que tienen un rendimiento óptimo para esta aplicación dado que la temperatura requerida no superará los 30 °C. La inversión es inferior con respecto a otros captadores convencionales, estos captadores no requieren de intercambiadores ya que pueden hacer un calentamiento directo del agua de la piscina.



Figura 4.71 Climatización en piscinas cubiertas.

4.5.2.3.2. Piscinas cubiertas.

Al funcionar a lo largo de todo el año se deben emplear captadores planos o de tubos de vacío. El uso de mantas térmicas durante la noche es una práctica muy efectiva para reducir pérdidas.

Es de las aplicaciones donde el costo de la instalación es similar a los sistemas tradicionales.

4.6. Geotermia

4.6.1. Descripción.

La energía geotérmica es la que se almacena en forma de calor debajo de la superficie sólida de la Tierra. Ese calor se encuentra en el interior de la tierra y se origina por diferentes motivos:

- Desintegración de isótopos radiactivos presentes en la corteza y el manto.
- Calor inicial que se liberó en la formación del planeta.
- Movimientos diferenciales entre las capas que forman la tierra, principalmente el manto y el núcleo.
- Cristalización del núcleo. El núcleo externo (líquido) está cristalizado continuamente, y en la zona de transición con el núcleo interno (sólido) se libera calor.

Al existir grandes diferencias de temperaturas entre la capa superficial de la Tierra y sus interiores, se produce un flujo continuo de calor hacia la superficie. Así pues se puede estimar que la energía que llega cada segundo a la superficie en forma de calor, por radiación, convección y conducción es de 42×10^{12} J.

4.6.1.1. La Tierra como fuente de energía.

El calor terrestre es una fuente de energía duradera para la producción de calor que no depende de la climatología, de la estación anual, del viento o del momento del día. Es una energía continua y regular para su utilización, disponible todos los días del año.

El calor que contiene la tierra para poder ser extraído se debe realizar mediante un fluido, normalmente agua, que transporta el calor hasta la superficie.

El calor de la tierra es ilimitado a escala humana y estará disponible muchos años siempre que se haga una explotación del recurso racional.

Si el medio de extracción es el agua subterránea, esta se renueva de forma natural por las aguas superficiales o por inyección artificial. En el caso de extracción de calor mediante la circulación de un fluido, el terreno pierde algunos grados que se compensan en el periodo de reposo estival o en el proceso de refrigeración, ya que se transmite calor al terreno.

En invierno, el terreno transfiere calor que almacena al agua y se utiliza para calefacción con una bomba geotérmica que eleva su temperatura. En verano, el agua del circuito cerrado transfiere al terreno el exceso de calor del edificio, obteniendo así refrigeración.

Dependiendo del gradiente geotérmico y de la formación de las rocas la energía tendrá una temperatura y un nivel de dificultad en su extracción, pero en la actualidad las técnicas existentes permiten un desarrollo planetario de la geotermia.

4.6.1.2. Tipos de energía geotérmica.

Se establece una clasificación de la energía geotérmica según su entalpía:

- Alta entalpía: más de 150 °C.
- Media entalpía: entre 90 °C y 150 °C.
- Baja entalpía: entre 30 °C y 90 °C.
- Muy baja entalpía: menos de 30 °C.

Por su facilidad de extracción y posibilidades de aplicación en el campo de la climatización la geotermia de muy baja entalpía, es la que se estudiará en este trabajo.

Estas temperaturas dependen del yacimiento geotérmico del cual es extraído. Un yacimiento geotérmico es cuando, en un área geográfica, se dan las condiciones geológicas y geotérmicas adecuadas para que se pueda explotar de forma económica el recurso geotérmico del subsuelo. Los tipos de yacimientos pueden clasificarse de diversas maneras pero la más común es según su temperatura.

4.6.1.3. Geotermia de muy baja entalpía.

El calor almacenado a poca profundidad de la superficie que se encuentra a baja temperatura en suelos, rocas y aguas subterráneas puede recibir el nombre de energía geotérmica somera o a poca profundidad, energía de baja entalpía o geotermia solar.

Casi el 100% de la superficie del planeta forma un yacimiento de recurso geotérmico de muy baja entalpía. En cualquier lugar de la tierra se puede extraer y aprovechar el calor almacenado a poca profundidad de la superficie para emplearlo en climatización de uso residencial mediante bombas geotérmicas.

A partir de 1 m de profundidad empieza a percibirse la diferencia de temperatura entre el aire y la tierra. A partir de 10 m de profundidad, la temperatura se estabiliza y se vuelve constante, y el terreno es capaz de almacenar el calor y mantenerlo incluso durante todo año a una temperatura prácticamente constante. A partir de los 5 m de profundidad el terreno se mantiene prácticamente a temperatura constante durante

todo el año, concretamente en el caso de España, independientemente de la estación y climatología la temperatura se mantiene constante a unos 15 °C. A partir de una profundidad de 15 m – 20 m de profundidad la temperatura sería entorno a unos 17 °C durante todo el año.

La investigación en este tipo de recurso está enfocada a como explotarlo sin llegar a agotarlo y cubriendo la demanda energética necesaria. Estos estudios dependerán de la potencia que se quiera suministrar, tipo de instalación que tenga que extraerlo, horas anuales de funcionamiento y modalidad de demanda.

El recurso más adecuado para satisfacer las necesidades de climatización para uso residencial es el de muy baja temperatura, ya que se encuentra debajo de cualquier terreno y está vinculado al uso de bomba de calor geotérmica. Existen diferentes sistemas para extraer la energía del terreno mediante intercambiadores de calor que se conectan a una bomba de calor geotérmica encargada de solucionar el salto térmico entre el terreno y la temperatura necesaria.

El punto fuerte del buen rendimiento de los sistemas geotérmicos reside en la diferencia entre la temperatura que se quiere conseguir y la temperatura que se encuentra el elemento. En las instalaciones convencionales durante el verano el aire exterior se encuentra a unos 30 °C - 35 °C y se debe llegar a una temperatura de unos 23°C- 24 °C, por el contrario en invierno el aire exterior se halla a menos de 10 °C, por lo que se están manejando unos saltos térmicos importantes que requieren de un gasto energético elevado. En el caso de las bombas de calor geotérmicas, como se ha comentado, la temperatura del subsuelo se encuentra entre 15 °C y 17 °C obteniendo unos saltos térmicos moderados y consiguiendo el mismo nivel de confort térmico pero con un consumo menor energía.

4.6.1.4. Tipos de instalaciones.

Existen los siguientes tipos de instalaciones para el aprovechamiento del recurso de muy baja entalpía.

4.6.1.4.1. Colectores horizontales enterrados.

Requieren al menos de un espesor de 0,8 m de capa superficial para poder enterrar los colectores, estarán formados por tubos de polietileno con un diámetro entre 25mm y 40 mm por donde circula agua con anticongelante o sustancias que mejoren su conductividad. Estos colectores estarán conectados a una bomba de calor geotérmica.

El terreno hace la función de acumulador de energía solar, la energía geotérmica como tal es secundaria. De esta manera es muy importante el clima de la zona en este tipo de instalaciones porque se encuentran a una escasa profundidad.

Este sistema permite obtener entre 20 W y 30 W de energía térmica por m² ocupado por las capas de tubos que forman el serpentín geotérmico. Pueden satisfacer las necesidades energéticas de calefacción de una vivienda media. Solo se requiere que la parcela disponga de un espacio que sea 1,5 veces la superficie habitable a calentar y hasta 3 veces para construcciones antiguas con malos aislamientos térmicos. Su uso más extendido es de servir de soporte para la climatización de viviendas unifamiliares.

En estos sistemas la red de tubos se coloca a poca profundidad y el tendido de la misma es bastante sencillo, por lo que la ejecución no es complicada.

Tabla 4.15 Ventajas y desventajas de los colectores horizontales enterrados.

COLECTORES HORIZONTALES ENTERRADOS	
<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Bajo coste de la instalación. ○ No requieren permisos especiales, solo permiso de obra. ○ Limpio y ecológico, las tierras que se extraen se vuelven a colocar en su lugar. ○ Mantenimiento de la red de captadores prácticamente nulo. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Requiere de una superficie de terreno. ○ No admite plantaciones de raíces profundas donde se encuentra la instalación. ○ Dificultad para otras instalaciones que requiera atravesar el subsuelo (telefónicas o desagües). ○ Influido por el clima.

Si se realizan estas instalaciones en un proyecto nuevo, la excavación para la red de tubos se integra en el proyecto general y supone un sobrecoste prácticamente nulo.



Figura 4.72 Red de captadores horizontales.

4.6.1.4.2. Sondas geotérmicas.

Se trata de colectores en posición vertical, colocados en el interior de uno o varios sondeos. Las profundidades de este sistema pueden variar desde 20 m hasta más de 100 m, con diámetros que oscilan entre 10 cm - 15 cm.

Pueden existir diferentes razones para el uso de las sondas geotérmicas:

- La capa del suelo no tenga espesor suficiente.
- La superficie disponible para enterrar los colectores horizontales es insuficiente.
- Existencia de canalizaciones en el subsuelo.

- Se requiere mayor demanda de la que pueden asumir los colectores horizontales.

Estos sistemas ocupan un espacio reducido y se pueden colocar muy próximos a la vivienda. Se requerirá de entubado en los primeros metros para garantizar la estabilidad y según el tipo de terreno se emplearán lodos de perforación.

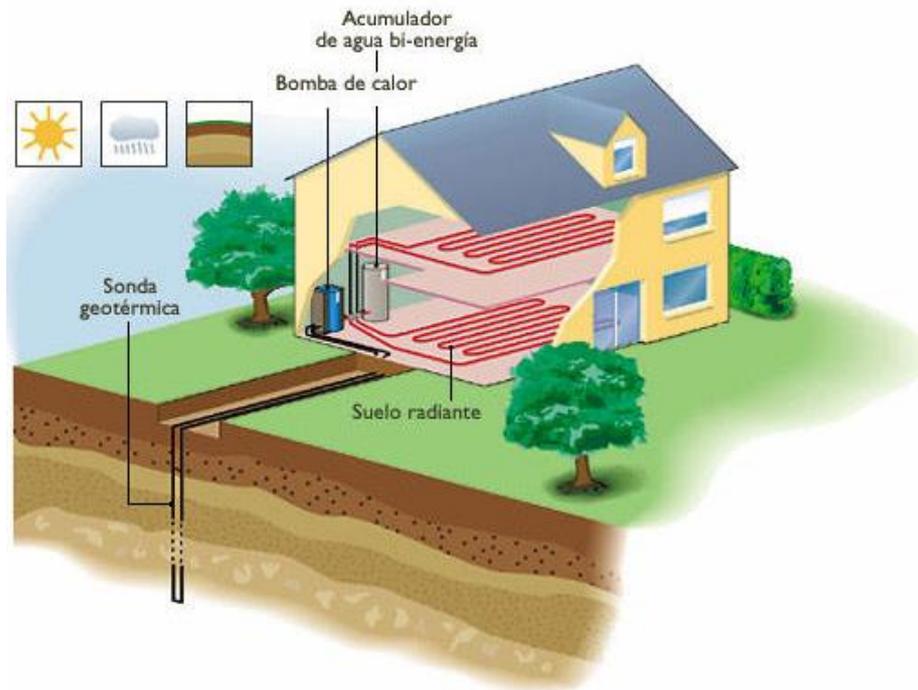


Figura 4.73 Sondeo geotérmico vertical.

El sondeo se rellena de manera que permita la adecuada transmisión de calor a los tubos captadores que se encuentran en su interior. Si existe circulación de agua en el terreno debido a la existencia de un nivel freático a poca profundidad o por la presencia de aguas someras procedentes de filtraciones pluviométricas, esta agua embebiendo a los materiales aumenta la capacidad de transmitir calor geotérmico y aumenta el rendimiento de la bomba de calor. Si no hay presencia de agua en el sondeo, el empleo de gravas o arenas permeables es lo más indicado para incrementar la conductividad térmica, también es apto el uso de hormigón con bentonita.

Las sondas geotérmicas son en líneas generales más costosas que los colectores horizontales enterrados, principalmente debido a su ejecución. Por otro lado, las sondas tienen mejores niveles de conductividad térmica por lo que necesitan menos longitud de captador para cubrir las mismas necesidades energéticas. El rendimiento en el uso para refrigeración es superior en las sondas que en los colectores enterrados.

Estas instalaciones están indicadas para edificios existentes y para construcciones que no disponen de suficiente superficie. De cualquier manera también pueden emplearse en nuevas construcciones.

Tabla 4.16 Ventajas y desventajas de sondas geotérmicas.

SONDAS GEOTÉRMICAS	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ocupan un espacio reducido. ○ No influido por el clima. ○ Mayor rendimiento en calefacción y refrigeración. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Coste de la instalación elevado debido a su ejecución. ○ Requieren de un conocimiento preciso de las características del suelo.

Cuando se requiera más potencia una solución es la utilización de campos de sondas geotérmicas que estarán ubicados próximos a la construcción o bajo la misma.

4.6.1.4.3. Sondeos de captación de agua someros.

Esta instalación explota la capa freática donde se encuentran las aguas subterráneas. Se realiza mediante dos sondeos, uno de producción a través de una bomba sumergida que conduce el agua hasta la bomba de calor para que sea extraída su energía, y que una vez enfriada se devuelve a la capa freática por un pozo de reinyección o se vierte al cauce fluvial. Se deben colocar los sondeos de tomas aguas arriba y la restitución aguas abajo para evitar el enfriamiento continuo del agua subterránea.

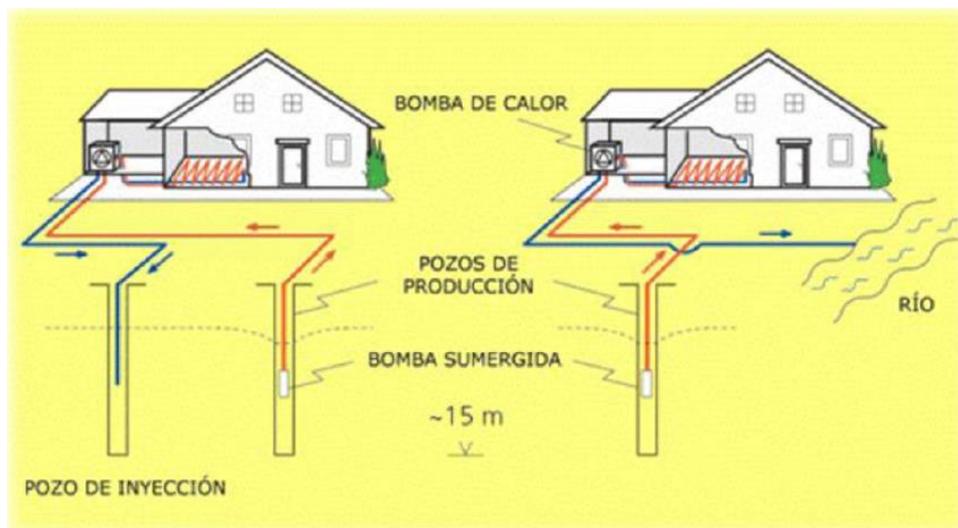


Figura 4.74 Esquema para calefacción de una casa unifamiliar utilizando sondeos de captación de agua en la capa freática.

4.6.1.4.4. Cimientos geotérmicos.

Consiste en introducir en el interior de cimentaciones profundas, como pueden ser pilotes o muros pantalla, una red de tubos de polietileno por donde circula agua con anticongelante. Esta red estará conectada a una bomba de calor geotérmica.

En la actualidad se utiliza este método para climatizar edificios de grandes dimensiones, calentándolos en invierno y enfriándolos en verano, mediante el almacenamiento subterráneo estacional de calor y de frío.

Antes de ejecutar este tipo de instalaciones es recomendable conocer:

- Características geotérmicas de los estratos del subsuelo.
- Nivel de la capa freática, oscilaciones anuales, velocidad y dirección del flujo.
- Definir el potencial geotérmico del terreno: capacidad térmica volumétrica, conductividad térmica y permeabilidad.
- Rango de temperaturas del subsuelo.
- Distribución semanal y mensual del consumo de energía en calefacción y refrigeración.

Todo el sistema de intercambio está situado debajo del edificio ya que forma parte de la propia cimentación lo que produce un ahorro sustancial de espacio.

Uno de los problemas que tienen estos sistemas es que no se podrían reparar en caso de que algún tubo captador resulte dañado, ya que no se puede acceder hasta el elemento una vez se encuentra colocado y hormigonado. Se suelen sobredimensionar la cantidad de tubos captadores por si alguno se daña y no cumple correctamente su función.

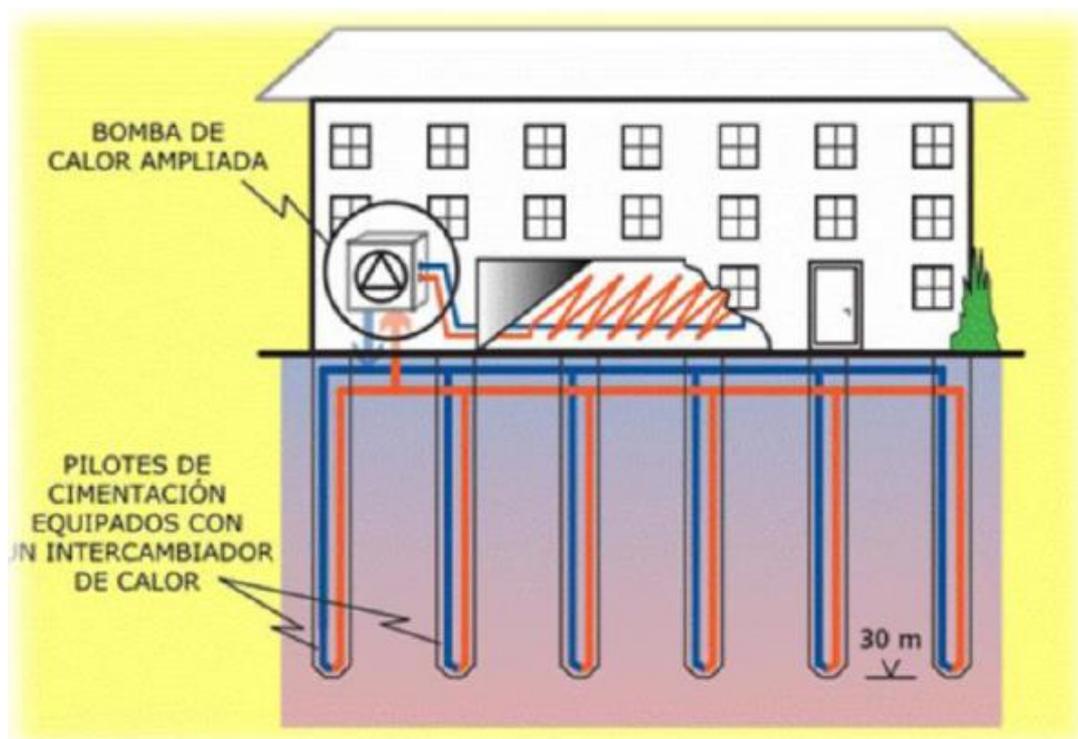


Figura 4.75 Sistema de pilotes energéticos para calefacción y climatización.

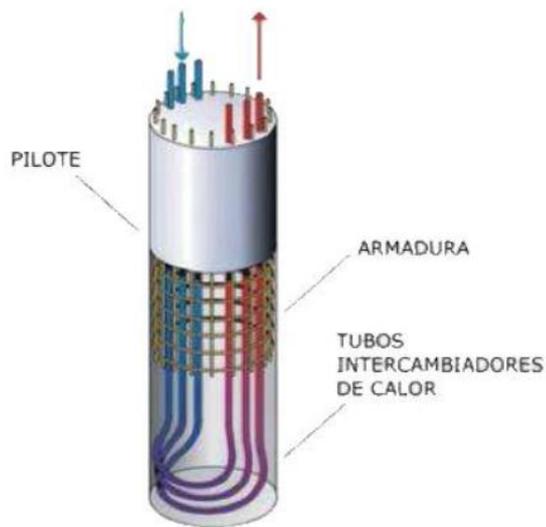


Figura 4.76 Sistema de pilotes energéticos para calefacción y climatización.



Figura 4.77 Pilote con colocación de conductores.

Tabla 4.17 Ventajas y desventajas cimientos geotérmicos.

CIMENTOS GEOTÉRMICOS	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ○ No ocupan espacio. ○ No supone un sobrecoste elevado en el proyecto. ○ Ahorro de trabajo al realizarse junto con la cimentación. ○ No influido por el clima. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Solo apto para nuevas construcciones. ○ Imposibilidad de reparación de daños en tubos de captación.

4.6.1.5. Bomba de calor geotérmica.

En las bombas de calor geotérmicas, a diferencia de las bombas convencionales, se evitan los problemas de generación de escarcha en el condensador y aumentan el rendimiento al obtener la energía térmica de una fuente menos fría, como es el terreno.

Debido a la estabilidad de la temperatura del subsuelo las bombas de calor podrán ser de menor potencia ya que el salto térmico es menor que cuando se utiliza la temperatura del ambiente exterior. Sobre todo en climas de temperaturas extremas, las bombas geotérmicas obtienen mayor rendimiento debido a este factor.

Existe una gran cantidad de modelos de bombas de calor y además su instalación no requiere de personal altamente cualificado.

Según el Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE), las bombas geotérmicas utilizan entre un 25% y 50% menos de electricidad que los sistemas convencionales para calefacción y refrigeración, reduciendo el consumo energético y las emisiones de un 45% a un 70%. Los sistemas de bombas de calor geotérmicas, en comparación con los tradicionales, producen ahorros energéticos de 40% - 60% comparado con sistemas de bomba de calor agua-agua o aire-agua, un 75% con sistemas de radiadores eléctricos, un 60% con sistemas de gas natural y hasta un 70% con sistemas que utilicen otros combustibles.

Las bombas de calor geotérmicas maximizan la vida útil de la instalación, reducen los costes de mantenimiento, operación y potencia contratada, además de aportar mayor fiabilidad a la misma.

4.6.2. Ventajas de la energía geotérmica.

Las principales ventajas con las que cuenta la energía geotérmica son las siguientes:

- Energía disponible.
- No emite CO₂ al medio ambiente.
- Constancia de temperaturas en el subsuelo.
- Costes de explotación más bajos que los de una instalación convencional.
- Existen subvenciones gestionadas para Comunidades Autónomas en España.
- Tiempo de puesta en servicio de la instalación menor que en otro tipo de energías.
- Permite ahorros de energía del 30% al 70% en calefacción y del 20% al 50% en refrigeración.
- No depende del clima.
- Reducción de dependencia de compañías suministradoras.
- Mayor durabilidad de las instalaciones, vida útil entre 25 y 50 años.

4.6.3. Inconvenientes de la energía geotérmica.

Además de las ventajas descritas anteriormente, la energía geotérmica cuenta con una serie de inconvenientes que limitan su instalación:

- Costes de inversión inicial elevados.

- Falta de espacio para realizar las perforaciones pertinentes o para entrada de las máquinas especiales de sondeo energético.
- Puede producirse emisión de ácido sulfúrico en algunos casos.
- Puede producirse contaminación de aguas con sustancias como arsénico, amoníaco, etc.
- Posible contaminación térmica en el entorno del lugar donde se extrae la energía.
- No se puede transportar como energía primaria.
- Deterioro del paisaje.

4.6.4. Aplicaciones de la geotermia.

Las posibles aplicaciones de la geotermia dependen de la entalpía del fluido geotermal, es decir, el contenido de calor. Normalmente se emplean sondas térmicas para determinar la temperatura de dichos fluidos, ya que con la temperatura se puede prever su futura aplicación. La temperatura correspondiente a aplicaciones residenciales es la de muy baja entalpía (menos de 30 °C), pueden ser:

- Calefacción.
- Refrigeración.
- Climatización de piscinas.

Mediante bomba de calor, como se ha explicado anteriormente, podemos conseguir las diferentes aplicaciones según las necesidades del edificio.

4.6.4.1. Calefacción.

Los sistemas adecuados para proporcionar calefacción en una vivienda pueden ser varios: el suelo radiante, zócalo radiante o muro radiante. También existe la posibilidad de utilización de radiadores, pero no son buena solución porque requieren de temperaturas bastante más elevadas que los otros sistemas.

4.6.4.2. Refrigeración.

Cuando la instalación tiene como objetivo la refrigeración el sistema más recomendable es el techo frío o el muro radiante.

Existen dos métodos para refrigerar a partir de geotermia:

- Refrigeración pasiva: sin hacer uso de la bomba de calor geotérmica, se emplea directamente la temperatura del subsuelo para enfriar el sistema.
- Refrigeración activa: se emplea para potencias de refrigeración elevadas y se consigue mediante una bomba de calor geotérmica reversible.

En el caso de que el objetivo sea satisfacer las necesidades de calefacción y refrigeración se pueden combinar los sistemas anteriormente mencionados, por ejemplo, suelo radiante con techo frío. Pero se pueden aplicar soluciones como un muro radiante, que sirve de manera adecuada para proporcionar calor y frío.

Estas aplicaciones son posibles de realizar mediante los diferentes tipos de instalaciones geotérmicas anteriormente descritas, según las condiciones y necesidades de cada caso.

4.6.5. Situación y potencial de la geotermia en España.

A pesar del gran potencial a nivel nacional que presenta la geografía de España, el desarrollo que existe es escaso en usos térmicos.

Comparado con el aprovechamiento de otras energías, como puede ser la energía solar que ha experimentado un desarrollo importante en la última época, la geotérmica se queda muy atrás.

En cuanto al aprovechamiento de la energía geotérmica de muy baja temperatura se está desarrollando para usos de calefacción, refrigeración y ACS a través de la bomba de calor con notables ahorros energéticos. Se suelen aplicar en instalaciones domésticas y comerciales de pequeña y mediana potencia. En los últimos años se ha experimentado un notable desarrollo en geotermia superficial para climatización en edificios terciarios, en su mayoría se tratan de redes sencillas de intercambiadores de agua cerrados y conectados a una bomba de calor para salvar el salto térmico.

El potencial de recursos geotérmicos de baja para este tipo de aplicaciones térmicas es elevado ya que existen numerosas zonas utilizables. En cuanto al de muy baja temperatura está disponible en la totalidad del territorio.

España es uno de los países europeos que más ha incrementado la capacidad instalada de energía geotérmica, pero por el contrario no es uno de los países con incremento en energía utilizada.

Existe en España una escasa implantación de bombas de calor geotérmicas, comparado tanto con países fríos del norte de Europa como con países más próximos como Francia, donde las unidades instaladas de bomba geotérmica son muy superiores.

Posibles motivos de este escaso desarrollo:

- **Falta de promoción:** la gran demanda de bombas de calor geotérmicas en países del centro y norte de Europa ha hecho que los principales fabricantes no hayan tenido capacidad de exportación a España que hasta 2001 no empezaron a instalarse.
- **Falta de oferta:** bajo nivel de formación y cualificación de instaladores, junto con pocas empresas especializadas en el sector.
- **Falta de interés:** tanto por parte de los promotores inmobiliarios como de los compradores de viviendas nuevas, en muchos casos provocados por el desconocimiento de esta tecnología.
- **Falta de apoyo institucional:** a diferencia que la energía solar que se incluye como obligatoria en el Documento Básico HE, Ahorro de Energía, del CTE (Código Técnico de la Edificación) para edificaciones, la geotermia no se ha tenido en cuenta. Esta tecnología no está integrada en programas de calificación energética ni códigos de construcción. Por otro lado en una buena cantidad de comunidades autónomas se subvenciona parte de los costes de la instalación en bombas geotérmicas.
- **Ausencia de reglamentación específica:** no existe un marco normativo claro sobre las instalaciones geotérmicas para climatización.
- **Económico:** requieren de una inversión inicial importante.

4.6.6. Situación de la geotermia a nivel europeo.

Entre los países europeos, Suecia ha sido el principal promotor de la geotermia y en las últimas décadas Suiza, Austria y Alemania han experimentado el mayor crecimiento. La mayoría de las instalaciones geotérmicas en Suecia son casas normales en un clima frío.

Países como los mencionados disponen de temperaturas más frías tanto en el ambiente como en el subsuelo hasta cierta profundidad, las cuales oscilan entre los 10 °C - 12 °C, incluso hasta los 8 °C y se hace gran uso de esta tecnología obteniendo un rendimiento aceptable. Por lo tanto si en España, como se ha comentado, las temperaturas a partir de los 5 m -10 m están alrededor de los 15 °C, el salto térmico es menor y el rendimiento que se puede obtener sería mayor.

4.7. Recuperador de calor.

Gran parte de la energía que consumimos en una vivienda estándar está destinada directamente a los sistemas de climatización, es decir, siendo aún más rigurosos, es energía que nosotros aportamos al aire de las diferentes estancias para conseguir las condiciones de confort del ser humano. Ahora bien aquí aparece una de las mayores contradicciones de una vivienda convencional. En el momento en que realizamos la renovación del aire interior por motivos de salubridad, exigido además por el documento *HS-3 Calidad del aire interior* del CTE, se está desechando parte de la energía calorífica o frigorífica producida para introducir en su lugar aire con las condiciones del ambiente exterior. De esta manera, el aire nuevo introducido debe de ser aclimatado, con el consiguiente gasto energético que esto supone, para así poder alcanzar de nuevo las condiciones de confort. Debido a esta sistemática, entramos en un ciclo de gasto energético sin control que en este caso se ha querido paliar mediante el uso de un recuperador de calor.

El funcionamiento de un recuperador de calor se basa en un sistema de intercambio de calor aplicando la segunda ley de la termodinámica, que dice que dos cuerpos a diferente temperatura tienden a igualarse en el momento en que entran en contacto, cediendo el cuerpo más caliente calor al cuerpo más frío. Mediante esta breve explicación se puede entender el principio de la máquina, pero también debemos de saber cómo funciona su instalación aplicada a una vivienda.

Lo que realiza la propia máquina es un intercambio de calor entre el aire viciado de extracción y el aire nuevo de renovación. En la parte interna de la máquina hay un intercambiador de placas que permite que los dos aires estén en contacto pero sin que éstos se mezclen, ya que provocaría que se volviera a introducir el aire viciado al interior de la estancia. Mediante este proceso, la energía en forma de calor se traspassa al aire de renovación, manteniendo más estable la temperatura interior con un gasto casi nulo.

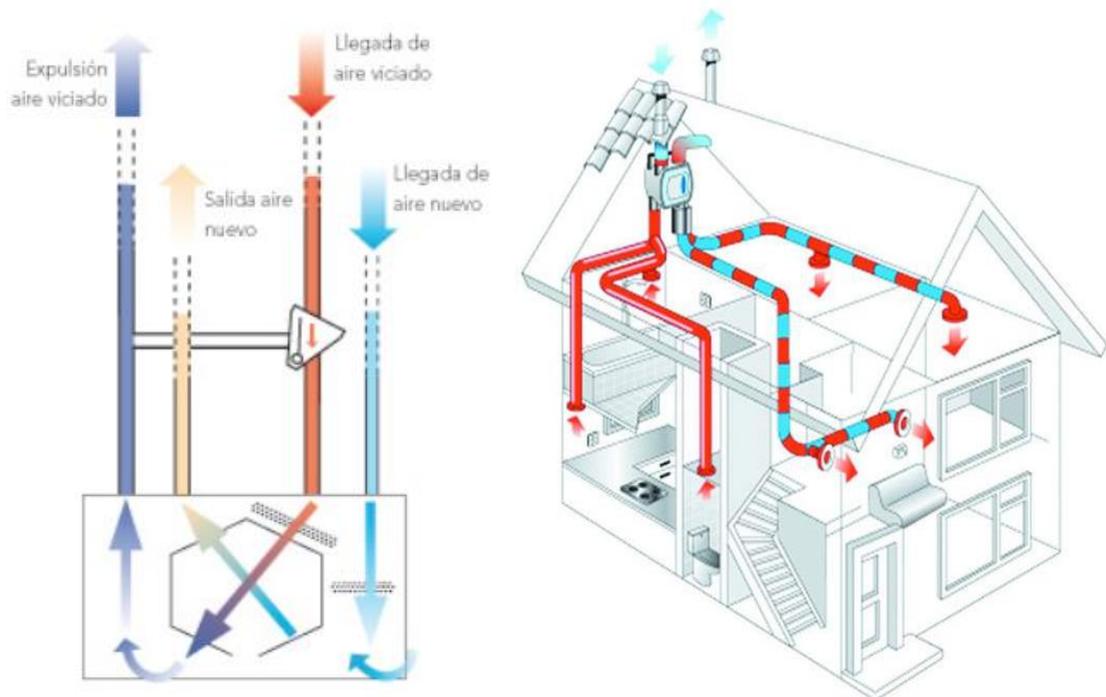


Figura 4.78 Esquema del funcionamiento del recuperador de calor en temporada de invierno, donde el aprovechamiento energético es más elevado obteniendo los mayores rendimientos.

En las épocas en las que la diferencia térmica entre interior y exterior es nula, la máquina permite la opción de trabajar en *free-cooling*. Este modo se basa en la obertura de un by-pass que circula en aire de renovación directamente hacia el interior, precio filtrado, sin pasar por la parte del intercambiador y reduciendo así el consumo de la propia máquina que ya de inicio es muy reducido.

4.8. Sistemas radiantes.

En los últimos años los sistemas radiantes han experimentado un relanzamiento gracias al empleo de las nuevas tecnologías, a los modernos métodos de cálculo y a los materiales poliméricos de nueva generación.

Las razones de este renovado éxito se encuentran en algunas de las características típicas de estos sistemas:

- Elevado grado de confort.
- Ahorro energético.
- Aumento del espacio disponible en las habitaciones gracias a la eliminación de los radiadores.

El constante desarrollo tecnológico ha permitido además aumentar las posibilidades de instalación de estos sistemas. Partiendo del tradicional suelo radiante a día de hoy se dispone de una gama más amplia de soluciones que ofrecen la posibilidad de instalar el sistema también en paredes y techos. De este modo es posible encontrar siempre la solución ideal para cada cliente.

Este desarrollo de refleja no sólo en las posibilidades de instalación del sistema, sino también en la posibilidad de su empleo durante todo el año, ya sea para la calefacción en invierno como para el refrescamiento en verano.

Los sistemas radiantes son actualmente capaces de garantizar el máximo confort y reducir el consumo energético anual; además, el sistema elimina los radiadores, con lo cual los espacios de las habitaciones ganan en estética.

Tabla 4.18 Características del suelo radiante.

SISTEMA RADIANTE	
<i>Características</i>	
○	Se basan en la transmisión de calor por radiación, las ondas infrarrojas se convierten en calor cuando chocan con un cuerpo sólido.
○	Puede producir tanto calefacción como refrigeración con el mismo sistema.
○	Temperaturas de trabajo para calefacción oscilan entre 35 °C - 45 °C.
○	Temperatura de trabajo para refrigeración alrededor de 16 °C - 18 °C.
○	Ahorro de energía y menor consumo de combustible que otros sistemas.
○	Disponen de una elevada superficie y emisión más homogénea del calor.
○	Requiere de cierto tiempo para calentar o enfriar un espacio.
○	Gran inercia térmica.
○	No ocupa demasiado espacio, dejando las estancias libres.
○	Saludable, evitando polvo y ennegrecimiento de las paredes.

4.8.1. Confort.

Con los sistemas radiantes la transmisión del calor se realiza principalmente por radiación térmica, mediante el empleo de temperaturas superficiales ligeramente superiores a la temperatura ambiente deseada.

La distribución homogénea del calor, típica de los sistemas radiantes, permite alcanzar un equilibrio térmico entre el cuerpo humano y el entorno climatizado, aumentando de este modo la sensación de bienestar.

Temperatura de las superficies tiene de hecho una incidencia destacada sobre la sensación de confort. Como permite observar la siguiente gráfica, existen límites de temperatura precisos que no pueden sobrepasarse por razones médicas y fisiológicas:

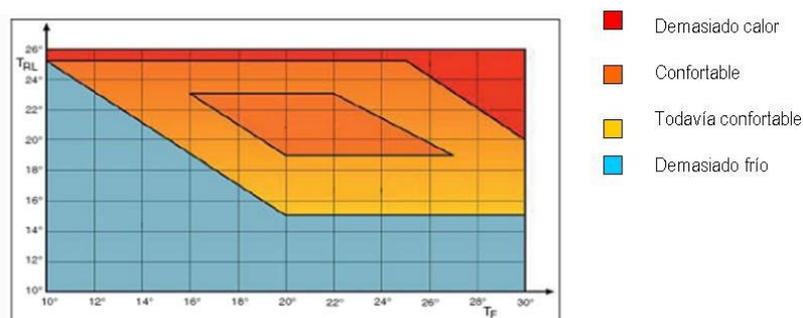


Figura 4.79 Sensación de confort en función de la temperatura ambiente TRL y de la temperatura de las superficies que rodean el ambiente TF.

Las ventajas de los sistemas radiantes en cuanto a confort resultan evidentes. En régimen de calefacción el valor límite de las superficies radiantes ha sido establecido en un máximo de 29 °C (véase UNE EN 1264: Calefacción por suelo radiante. Sistemas y componentes) con una temperatura ambiente de 20 °C. Gracias a los actuales sistemas, en la práctica la temperatura de las superficies difícilmente alcanza este valor, permaneciendo normalmente entre los 23 °C y los 25 °C, valores de temperatura más favorables para la sensación de confort.

El mismo fenómeno puede considerarse para el período estivo (régimen de refrescamiento), ya que la temperatura de las superficies alcanza valores comprendidos entre los 21 °C y los 23 °C con una temperatura ambiente de 26 °C.

Régimen de refrescamiento se evitan además completamente las corrientes de aire frío que podrían perturbar la sensación de confort. En verano, de hecho, los sistemas radiantes no tienen por objetivo reducir la temperatura del aire (como resulta en los tradicionales sistemas de refrigeración del aire) sino que mantienen fresco el ambiente del edificio.

Gracias a la integración de deshumificadores especialmente diseñados para el sistema se mantiene también el nivel óptimo de humedad del aire (55% - 60%).

Para completar las prestaciones en confort, el sistema radiante tiene también presente el perfil térmico en régimen de calefacción para el invierno.

Es generalmente conocido que los sistemas tradicionales tienden a sobrecalentar el aire del ambiente en las zonas más elevadas de los locales y, en consecuencia, a sufrir pérdidas de temperatura en las zonas más bajas.

Los sistemas de calefacción por suelo radiante garantizan por el contrario un óptimo perfil térmico muy próximo al ideal. Los siguientes gráficos ponen de manifiesto las diferencias de perfil térmico según el sistema de calefacción empleado:

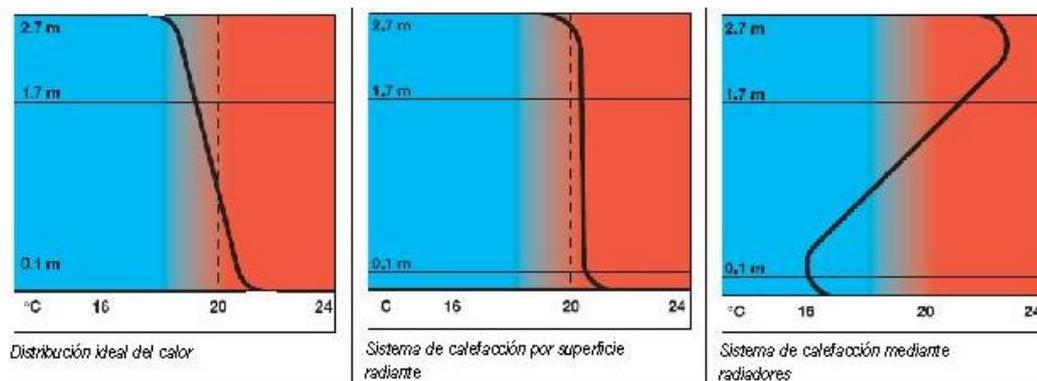


Figura 4.80 Diferentes perfiles térmicos en función del sistema de calefacción empleado.

4.8.2. Ahorro energético.

El ahorro energético reviste un interés creciente debido principalmente a tres factores: los efectos globales del calentamiento del planeta, el constante aumento del precio de los combustibles tradicionales y el agotamiento de las reservas petrolíferas.

La legislación española se ha ocupado intensamente en los últimos años en fomentar la reducción del consumo energético y de las emisiones derivadas de los sistemas de calefacción de los edificios.

Para ofrecer indicaciones claras y parámetros adecuados se han publicado diversas normas que conllevan una mejora del aislamiento térmico de los edificios, mayores niveles de rendimiento de los sistemas de calefacción y un aumento significativo de la cuota de energía procedente del uso de fuentes renovables.

En este nuevo entorno el empleo de los sistemas radiantes resulta altamente adecuado.

Los sistemas radiantes mejoran el aislamiento térmico gracias a que la colocación de los tubos se realiza por encima de una capa de aislante adjunta, garantizan además un mayor rendimiento de emisión de calor y combinan a la perfección con los sistemas de energía solar, geotermia y calderas de condensación.

Por lo que respecta a la mejora del grado de aislamiento del edificio, es preciso subrayar que la aplicación de una capa adicional de aislante, conforme a la normativa en vigor, por debajo de los tubos por los que circula el agua caliente (en período invernal) o fría (en período estivo) contribuye a limitar de modo eficaz las dispersiones hacia abajo.

Sin embargo, muy a menudo no se presta la suficiente atención a esta medida en el uso de otros sistemas radiantes como los de techo o pared, que tienen el mismo efecto sobre los cerramientos aplicados, facilitando la rehabilitación de edificios en los que por diversos motivos no es posible efectuar intervenciones de mejora de las prestaciones energéticas.

Por lo que atañe al rendimiento de emisión, podemos tomar como parámetro de referencia los datos publicados en la normativa UNE-EN 15316-2-1: 2008

- Paneles radiantes con aislamiento de la estructura = 0,97.
- Radiadores con temperatura de impulsión de 85 °C en pared externa sin aislamiento = 0,90.

Estos dos sencillos datos ofrecen una idea de cómo la elección del sistema de calefacción radiante en vez de los tradicionales sistemas ya durante la fase de proyección ayuda al proyectista a alcanzar el valor de rendimiento mínimo requerido por la normativa actualmente en vigor.

El siguiente ejemplo práctico da fe de ello.

El valor de rendimiento medio estacional se obtiene por medio de cada uno de los rendimientos:

- η_p = rendimiento de producción;
- η_r = rendimiento de regulación;
- η_d = rendimiento de distribución;
- η_e = rendimiento de emisión.

Simulación del ejemplo:

Un sistema con caldera de condensación con regulación para ambiente tipo on-off, distribución con tubos aislados según normativa, radiadores o, como alternativa, suelo radiante obtiene los siguientes resultados:

- Con radiadores: 74%.
- Con suelo radiante: 80%.

Con las mismas condiciones es posible por lo tanto mejorar hasta un porcentaje total de 6 puntos el rendimiento medio estacional.

Obviamente en el segundo caso para completar el sistema de modo ideal sería preciso realizar una regulación climática con curva de compensación en función de la temperatura externa estudiada expresamente para los sistemas radiantes, capaz de aprovechar al máximo las características de inercia de estos sistemas para garantizar el óptimo confort y el máximo ahorro energético.

Como se ha mencionado anteriormente, los sistemas radiantes trabajan con temperaturas muy próximas a las de las zonas que deben acondicionar.

En invierno la temperatura de impulsión del agua está comprendida entre los 40°C y los 45 °C, mientras que en verano los valores se mantienen entre los 19 °C y los 17 °C aproximadamente.

Esta característica hace que los sistemas radiantes resulten ideales para el aprovechamiento de las fuentes de energía renovables como, por ejemplo, la energía solar térmica o la geotermia.

Ambos sistemas pueden aprovechar al máximo su potencial si se emplean en invierno con temperaturas de impulsión no demasiado elevadas.

La energía solar térmica garantiza una buena cobertura durante los meses menos fríos y un excelente rendimiento en los meses menos calurosos; por otra parte, las bombas de calor geotérmicas trabajan siempre de manera eficaz con coeficientes de rendimiento (COP) muy elevados.

En verano las bombas de calor geotérmicas mantienen siempre COP elevados y durante los períodos menos calurosos obtienen de igual modo la temperatura de impulsión deseada sin la ayuda del compresor del circuito frigorífico, logrando un funcionamiento free cooling.

En los períodos menos calurosos o en edificios con bajas cargas la temperatura de impulsión deseada se obtiene impulsando el agua directamente al subsuelo; el intercambio térmico obtenido por medio de la diferencia de temperatura entre agua y subsuelo resulta suficiente para satisfacer los requisitos del sistema radiante.

Los sistemas clásicos de acondicionamiento no pueden disfrutar de esta ventaja puesto que se abastecen con agua a 7 °C y en nuestro territorio el terreno no alcanza nunca temperaturas tan frías.

4.8.3. Aumento del espacio habitable

Los clientes finales aprecian especialmente este último aspecto porque tienen un impacto más evidente sobre quienes necesitan espacio libre y para quienes valoran la distribución de los espacios desde un punto de vista estético.

El sistema radiante puede emplearse tanto en suelos como en paredes o techos y no precisa de grandes espacios.

Los techos radiantes están ganando cada vez más adeptos porque son la solución ideal para edificios de uso comercial y en espacios abiertos; además, gracias a la baja inercia térmica, se adaptan rápidamente a las variaciones de carga térmica o de aforo.

En la proyección y realización de un sistema radiante es preciso prestar la máxima atención a la tipología de los materiales usados y al sistema de regulación.

Por lo que atañe a los tubos, debe tenerse siempre presente su vida útil y su capacidad de resistencia ante picos breves de temperatura.

En este sentido, el material más empleado y que ofrece mayores garantías de duración en el tiempo es el polietileno reticulado de clase A, más conocido como PE-Xa.

Este tipo de material es particularmente indicado gracias a su larga vida útil y a la facilidad de manipulación que ofrece incluso a bajas temperaturas.

Por lo que respecta a los colectores de distribución, los más empleados para la calefacción son los de latón, acreditados y con una excelente relación prestación/precio; en los sistemas de refrescamiento se aconseja sin embargo el uso de colectores poliméricos.

Este producto reduce notablemente la formación de condensación durante el período estivo; en este sentido los sistemas para techo son los que obtienen el mejor rendimiento.

Como anteriormente mencionado, la regulación tiene un papel fundamental en las instalaciones de climatización y los sistemas radiantes no son una excepción en este sentido. La regulación de un sistema de este tipo debe tener presente la inercia térmica del interior de la instalación y presentar un alto grado de sensibilidad.

Tratándose principalmente de sistemas de intercambio térmico por radiación, una ligera variación de la temperatura de la superficie corresponde a una gran diferencia de sensación por parte del usuario de la instalación.

La regulación de los sistemas radiantes debe por lo tanto ser muy precisa y tener siempre controlados todos los parámetros de funcionamiento, la temperatura, la humedad y los tiempos de modo que puedan garantizar el máximo confort y un óptimo uso de la energía en circulación.

4.8.4. Tipos de sistemas radiantes.

4.8.4.1. Suelo radiante refrescante.

Se trata del sistema de distribución de calor que más se acerca a la curva de calefacción ideal. Mediante la difusión a través del suelo radiante se realiza una distribución uniforme de la temperatura con un mínimo desplazamiento de volumen de aire, a diferencia de los sistemas convencionales por radiadores. Además, un sistema como el suelo radiante, aplicando la fórmula de calor específico se deduce:

$$C_e = Q \times \Delta T \times S \text{ (calor específico)}$$

Comparando la calefacción convencional con un suelo radiante, observamos que en el primero de los casos la temperatura de impulsión del agua es mucho mayor que el SRR debido a que este tiene mucha mayor superficie de radiación por donde ceder el

calor. Este hecho diferencial permite bajar la temperatura en el agua de consumo con lo que reduce el gasto energético.

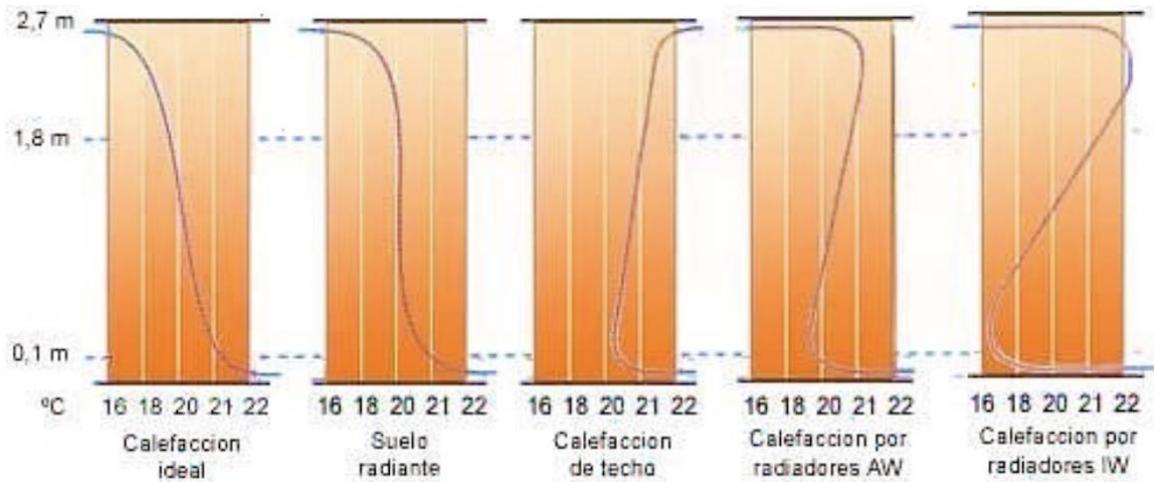


Figura 4.81 Gráficas con la comparativa de los diferentes sistemas de calefacción en referencia a una supuesta calefacción ideal (izquierda). Como se observa, el SRR es el caso que más se acerca, con temperatura elevada abajo y baja arriba.

Por otro lado, al tratarse de una producción de agua fría y caliente mediante bomba de calor reversible, el suelo radiante ha adoptado la ventaja de funcional como refrigerante, basándose en los mismos principios que se han utilizado hasta ahora en la calefacción por suelo radiante. En este caso afrontamos la posibilidad de que se produzcan condensaciones en la superficie del pavimento, dato a tener en cuenta a la hora de escoger la Tª de impulsión del agua.

Tabla 4.19 Ventajas y desventajas del suelo radiante.

SUELO RADIANTE	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ○ Mayor rendimiento en calefacción, perfil de temperatura más adecuado para el cuerpo humano y aprovechamiento del pequeño porcentaje de convección. ○ Proximidad de la fuente emisora. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Menor rendimiento en refrigeración. ○ Sólo compensa económicamente cuando se trata de obra nueva o una reforma total, ya que conlleva el levantamiento del suelo. ○ Limita el tipo de pavimento, ya que parquet o moqueta funcionan como aislante, es recomendable tipo cerámico o similar por su mayor conductividad.

La instalación se compone de varios elementos que le confieren las ventajas que presenta. Entre estas ventajas podemos destacar la lenta distribución de calor dado que es un sistema con alta inercia térmica. Esta la obtiene a través de la losa de mortero que recubre las tuberías por las que circula el fluido caloportador, y que distribuye de forma uniforme dicha energía calorífica al ambiente. La parte inferior, para evitar traspasar calor al forjado y la estancia inferior, está aislada por paneles de poliestireno extruido que a la vez sirven de guía para la colocación de los tubos.

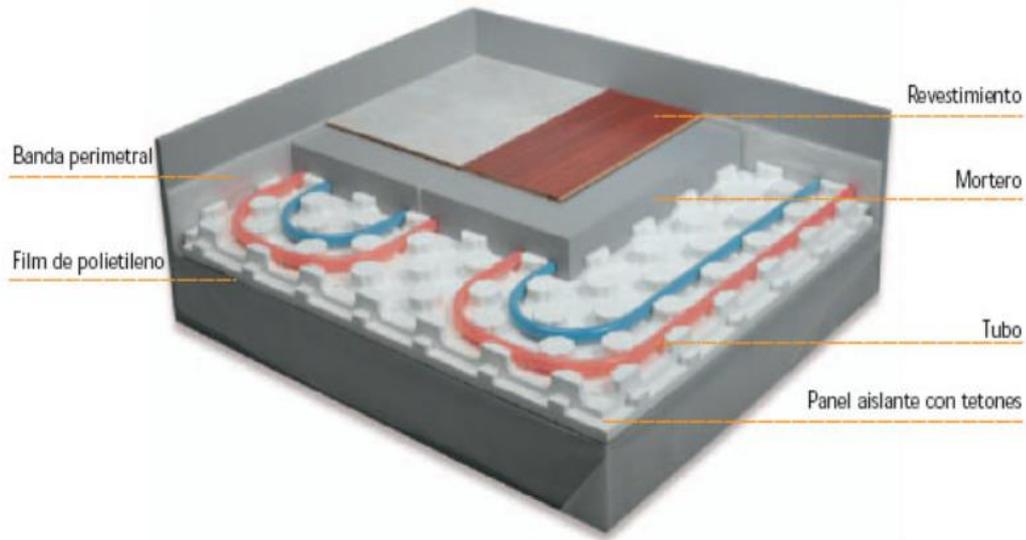


Figura 4.82 Sección de un suelo radiante donde podemos ver el material que integra este sistema. El acabado del pavimento influirá mucho en la transferencia del calor al ambiente, pero en este caso hablamos de un mármol natural de 2 cm de grosor. Material que según algunas investigaciones es el que permite en mayor grado el paso de calor. (K).

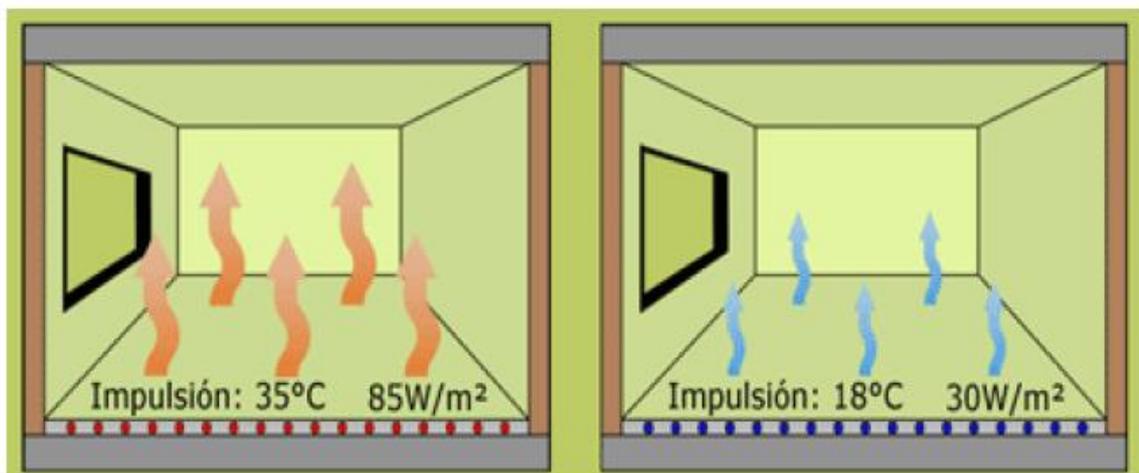


Figura 4.83 Calefacción y refrigeración por suelo radiante.

Tabla 4.20 Comparativa de las características de suelo radiante y radiadores.

COMPARATIVA	
<i>Suelo radiante</i>	<i>Radiadores</i>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Trabaja por radiación. ○ Temperatura 35 °C – 45 °C. ○ Menor consumo energético. ○ Elevada superficie y distribución uniforme de la energía. ○ Requiere de cierto tiempo para calentar el espacio. ○ Gran inercia térmica. ○ Permite espacio libre. ○ Limita el tipo de pavimento. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Trabaja por convección. ○ Temperatura de trabajo entre 70°C– 80 °C. ○ Mayor consumo energético. ○ Poca superficie y distribución irregular de la energía. ○ Calienta el recinto en poco tiempo. ○ Poca inercia térmica. ○ Ocupa espacio en las paredes.

4.8.4.2. *Techo radiante.*

Se trata de una serie de tuberías por las que circula el agua caliente que están colocadas sobre el falso techo. Estos sistemas están cubiertos por encima con aislante térmico y por debajo se encuentran las placas de yeso laminado que forman el falso techo.

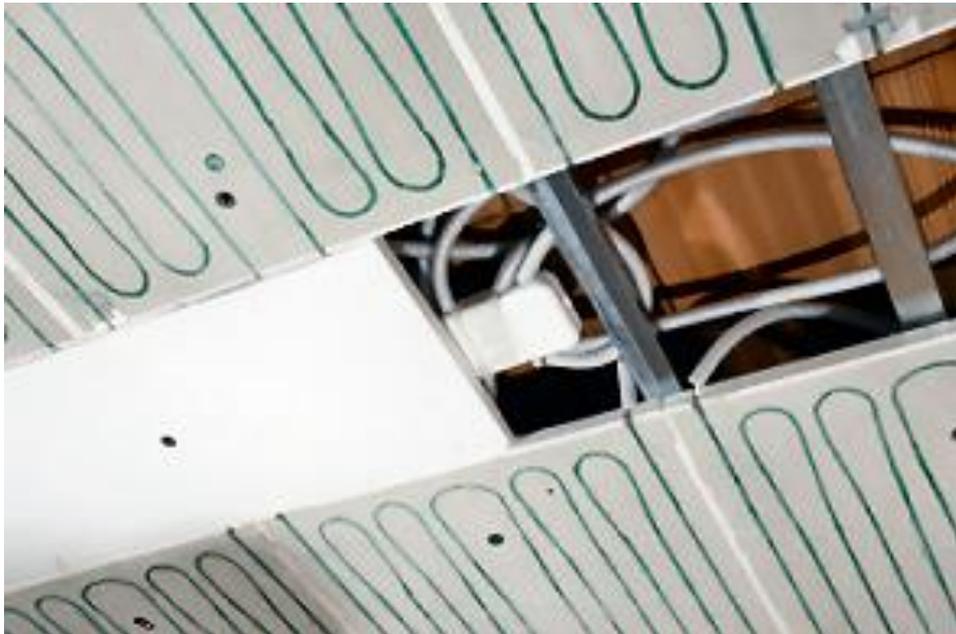


Figura 4.84 Calefacción y refrigeración por techo radiante.

Tabla 4.21 Ventajas y desventajas del techo radiante respecto al suelo radiante.

TECHO RADIANTE CON RESPECTO A SUELO RADIANTE	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ○ Mayor conductividad. ○ Más fácil de instalar y mayor recuperación frente a posibles averías. ○ No es un problema para la elección del pavimento. ○ No requiere de albañilería. ○ Mayor rendimiento en refrigeración. ○ Puede instalarse en cualquier momento. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Menor rendimiento en calefacción. ○ Más alejado de la fuente emisora. ○ Posible discomfort al calentar desde arriba, sobre la cabeza.

4.8.4.3. Muro radiante.

Consiste en una serie de tubos que están colocados en el interior de las paredes. Estos sistemas funcionan mejor cuando están aplicados sobre particiones interiores y no en cerramientos. Es recomendable que los tubos sean de cobre por su conductividad térmica y bajo nivel de pérdidas de energía.

Diversos estudios demuestran que generalmente para climatizar un espacio la superficie de instalación es entorno a un 30 % de la superficie del recinto.

Tabla 4.22 Ventajas y desventajas del muro radiante.

MURO RADIANTE	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ○ Rendimiento similar en calefacción y refrigeración. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Las paredes donde esté colocada la instalación deben estar libre de cualquier elemento. ○ Energía no distribuida de manera tan uniforme como en techo y suelo. Aun dejando desnudas las paredes donde esté colocado el sistema de radiación pueden existir otros elementos o personas que interfieran en la transmisión de energía.

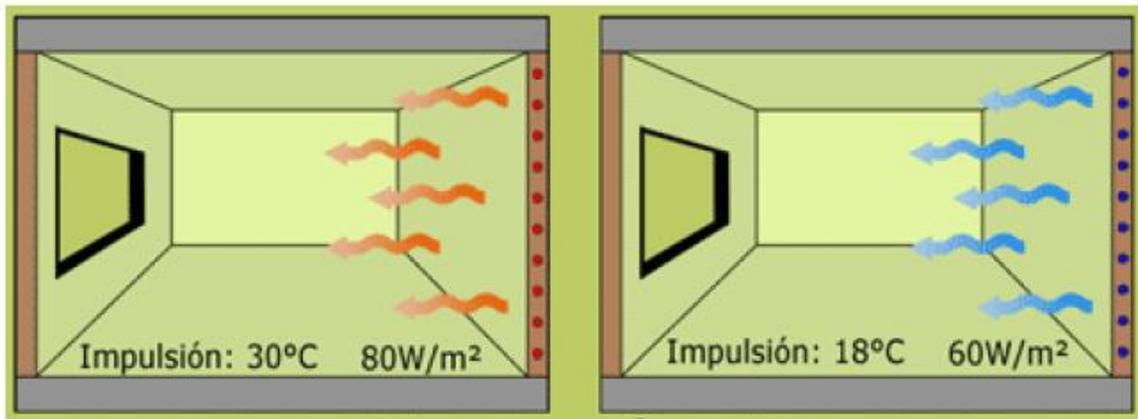


Figura 4.85 Calefacción y refrigeración por muro radiante.

4.8.4.4. Zócalo radiante.

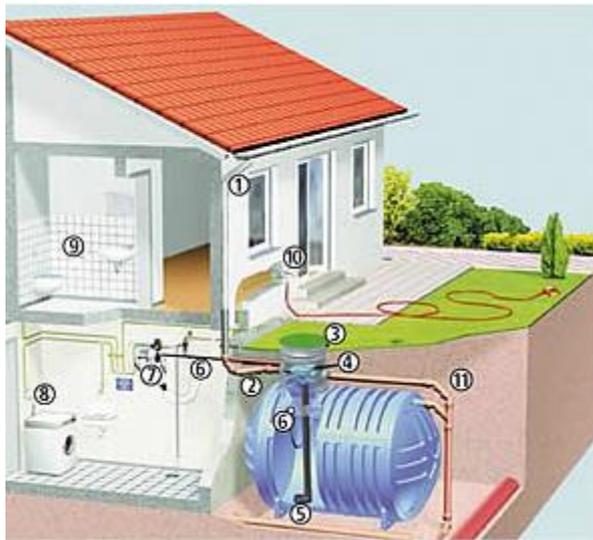
Se trata de circuitos de tuberías pegados a la parte baja de la pared y cubiertos por una pieza habitualmente de un material metálico. Funcionan principalmente mediante la transmisión por radiación, calentando las paredes contiguas y parte del suelo, y en menor medida por convección en la parte más próxima al zócalo. Estos elementos sustituyen al propio zócalo convencional.

Tabla 4.23 Ventajas y desventajas del zócalo radiante.

ZÓCALO RADIANTE	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ○ Integración arquitectónica. ○ Puede instalarse en obra nueva o pequeña y gran reforma. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ La colocación de objetos delante del zócalo puede disminuir el rendimiento del mismo.

4.9. Reutilización de aguas pluviales.

El agua es un recurso limitado que en el uso habitual de una vivienda consumimos indiscriminadamente sin evaluar los impactos que ello supone. El consumo medio asciende hasta aproximadamente los 170 litros por habitante y día frente a los 50 litros por habitante y día que considera la OMS (Organización Mundial de la Salud). Con el fin de reducir los consumos de agua potable se pueden integrar sistemas de aprovechamiento de las aguas pluviales para usos como el riego e inodoros que suponen un porcentaje elevado de los consumos totales de agua de una vivienda (aproximadamente un 30% sobre el total).



1. Bajante de pluviales
2. Tubo de entrada al depósito
3. Realce con tapa $\varnothing 600$
4. Filtro de pluviales
5. Dispositivo ralentizados
6. Aspiración flotante de la bomba
7. Bomba dsitribuidora
8. Lavadoras
9. Aseos e inodoros
10. Toma para riego y otros uso
11. Rebosaderos

Figura 4.86 ejemplo de instalación enterrada de una cisterna de doble pared con reutilización de agua para riego y otros usos domésticos (lavadora, aseos e inodoros).

5.1. Materiales.

Las viviendas modulares tienen la característica de que el 95% de la construcción es reciclable. Esto permite certificar las viviendas como sostenibles con el medio ambiente.

También es reutilizable, por esta razón las viviendas se construyen sobre losas de hormigón armado de 20 cm, permitiendo el traslado a otros lugares. Además evita la entrada de agua en el caso de fuertes lluvias que puedan producir inundaciones.



Figura 5.3 Losa de hormigón armado de 20 cm.

Otra posible opción sobre la que instalar nuestra vivienda es una estructura de acero seco cuyas dimensiones se ajustan al tamaño de la vivienda. Esta estructura se entrega lista para montar, con todos los cierres y las piezas de conexión, incluyendo las conexiones entre la estructura y las zapatas de hormigón. El número de zapatas de hormigón variará en función del tamaño de la vivienda. Esta solución permite una buena uniformidad del suelo, incluso en aquellos lugares donde el terreno es irregular y es una necesidad en términos de protección en caso de lluvias torrenciales.



Figura 5.4 Estructura de acero.

5.1.1. Paneles exteriores.

El *Panel Frigorífico* de ArcelorMittal es una solución aislante que se utiliza como cerramiento de cámaras y naves frigoríficas, compartimentación de locales que precisen mantener un determinado régimen de temperatura de trabajo, así como viviendas unifamiliares o edificios.

Este producto tiene como fin conseguir que el aislamiento sea continuo en toda la cámara, así como facilitar las operaciones de montaje.

De esta manera, el Panel Frigorífico, reúne una serie de características y cualidades que lo sitúan a la vanguardia de este sector de cerramientos:

- La solución de junta machihembrada posibilita sencillez y rapidez de montaje consiguiendo además una excelente solidez de la unión y perfecta estanqueidad de la misma, permitiendo además su instalación en vertical u horizontal.
- Gran capacidad autoportante, que posibilita prescindir de una estructura auxiliar en la mayoría de los casos.
- La utilización de poliuretano como núcleo del panel, aporta entre otras, las inmejorables características de aislamiento y resistencia al agua, y proporciona una elevada rigidez al conjunto.
- Ahorro de tiempo durante el montaje al ser un sistema de fácil ensamblado y que no precisa anclajes intermedios.

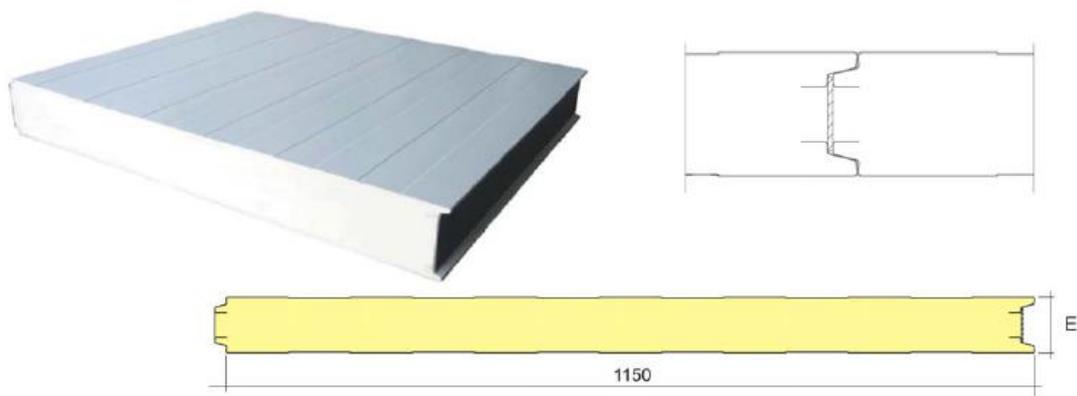


Figura 5.5 Panel frigorífico exterior.

5.1.1.1. Características Técnicas.

- Anchura: 1.150 mm
- Espesor: 60 mm
- Densidad de la espuma: 40 Kg/cm²
- Peso: 10,9 Kg/m²
- Volumen Empaquetado: 16 m²/m³
- Aislamiento térmico: 0,350 W/m²K
- Cara exterior
 - Acabado: HDX (ideal contra la corrosión garantizando la estabilidad del color) color ZINC 4750 liso
 - Acero DX 51 de 0,6 mm de espesor
- Cara interior
 - Acabado: prelacado color WHITE 880 liso de 0,5 mm de espesor.
 - Acero DX 51 de 0,6 mm de espesor.

El remate para la unión del panel con los cimientos (losa de hormigón o estructura de acero seco) se realizará en acero galvanizado de 2 mm de espesor y un desarrollo de 196 mm en longitudes de 12.000 mm.

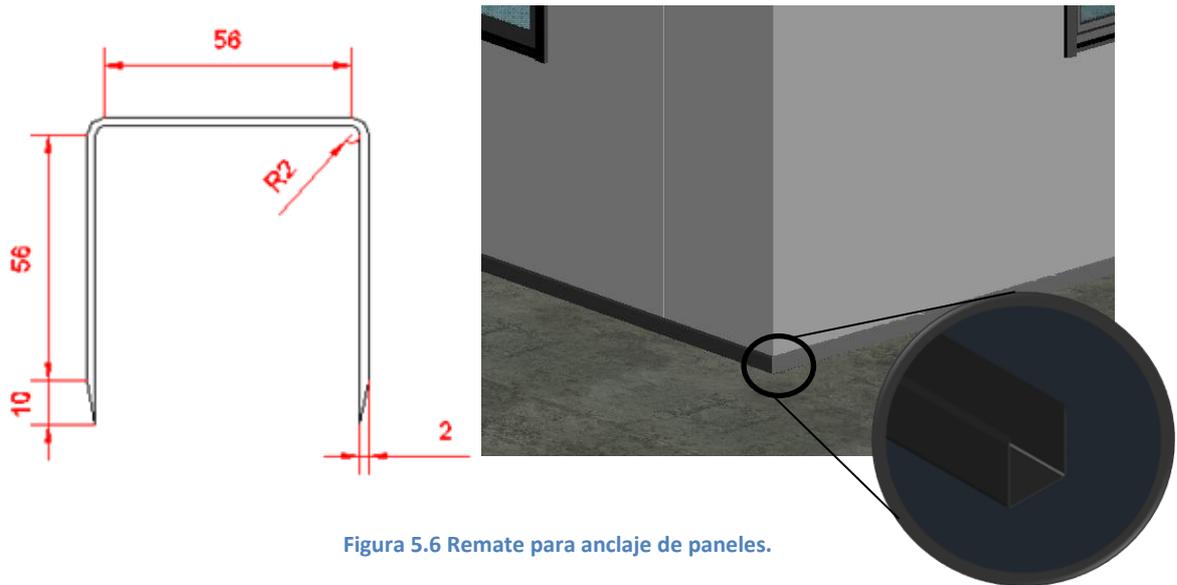


Figura 5.6 Remate para anclaje de paneles.

5.1.2. Paneles interiores.

El *Panel Modular* de ArcelorMittal está ideado especialmente como solución para construcciones prefabricadas, así como para establecer divisiones interiores.

Sus características funcionales, basadas en el diseño de su junta machihembrada, le permiten un montaje rápido e igualmente si desmontaje y la total recuperabilidad de materiales.

El panel modular es autoportante, acoplándose a todo tipo de carpintería de puertas y ventanas.

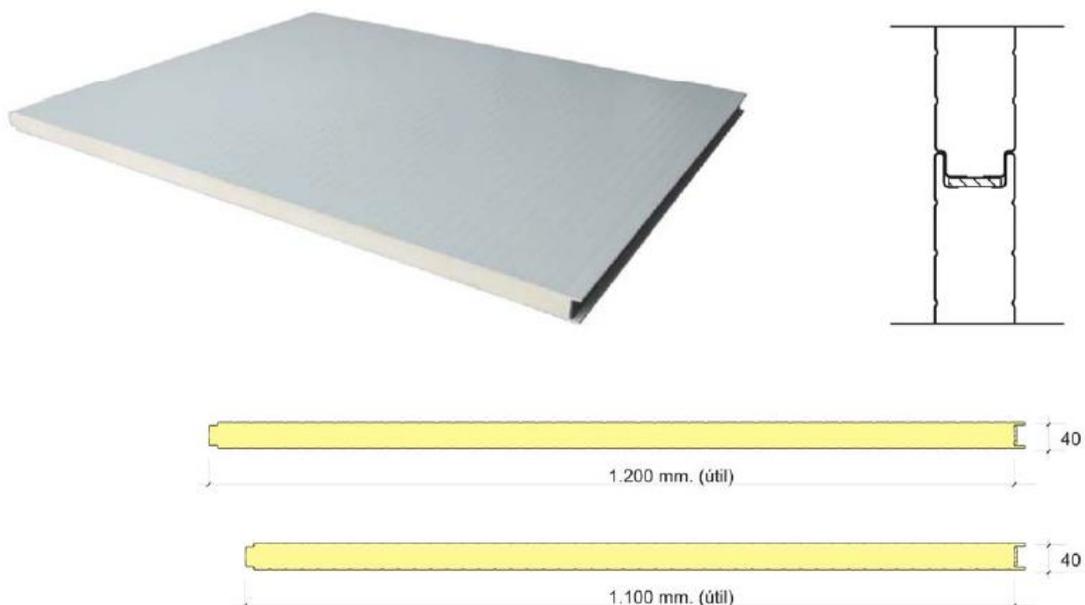


Figura 5.7 Panel modular interior.

5.1.2.1. Características Técnicas.

- Anchura: 1.200 mm
- Espesor: 40 mm
- Densidad de la espuma: 40 Kg/cm²
- Peso: 10,1 Kg/m²
- Volumen Empaquetado: 25 m²/m³
- Aislamiento térmico: 0,62 W/m²K
- Cara exterior e interior:
 - Acabado: Prelacado color WHITE 880 liso de 0,5 mm de espesor
 - Acero: DX 51 de 0,6 mm de espesor

El remate para la unión del panel con los cimientos (losa de hormigón o estructura de acero seco) se realizará en acero galvanizado de 2 mm de espesor y un desarrollo de 176 mm en longitudes de 12.000 mm.

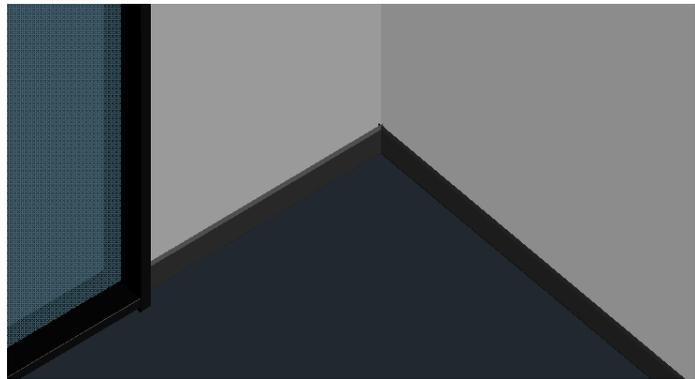
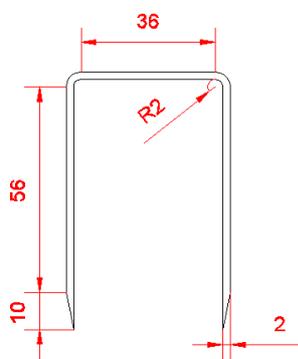


Figura 5.8 Remate para anclaje de paneles.

La solución constructiva en ambos casos es un panel técnico de poliuretano de ArcelorMittal formado por dos caras de acero galvanizado DX 51 con un recubrimiento metálico de Zinc Z225 según norma EN 10327 con una clasificación para ambiente exterior RUV3 a la radiación solar y RC3 a la corrosión según norma EN 10169-2 y clasificación para ambiente interior CPO3 según norma EN 10169-3 en color de la gama Colorissime.

En regiones con condiciones climáticas agresivas (orillas del mar) se requerirá de una capa específica en los paneles aislantes estructurales.

La espuma de poliuretano rígido posee el coeficiente de transmisión de calor más bajo de los aislantes que hay en el mercado ($\lambda = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$).



Figura 5.9 Grosor materiales constructivos.

Por esta razón, los espesores requeridos por la misma capacidad aislante, son muy inferiores al del resto de materiales. De este modo, el espacio y la superficie útil se rentabilizan al máximo.

La baja conductividad térmica (λ) junto al alto grado de estanqueidad, consecuencia de las juntas de cerramiento y, las buenas propiedades anticorrosivas de las chapas metálicas, hace que el panel sándwich cumpla todos los requisitos como material de protección del frío y del calor.

5.1.3. Paneles de cubierta.

Ondatherm 1150 de ArcelorMittal es un panel de cubierta para pendientes mínimas del 5% con una fijación oculta mediante tapajuntas para facilitar el montaje y desmontaje.

La chapa exterior es de 0,6 mm de espesor con el fin de mejorar la resistencia del panel a las acciones climáticas (viento y nieve), el solape y el amarre de los remates debido a que mejora el atornillado y el tránsito durante la fase de instalación y posterior mantenimiento.

La chapa interior es de 0,4 mm de espesor, con lo que mantenemos el mismo peso, incrementando su resistencia. Disponibilidad de translúcidos en policarbonato (tipo Danpalón) y poliéster doble capa.

5.1.3.1. Características Técnicas.

- Anchura: 1.150 mm
- Espesor: 50 mm
- Densidad de la espuma: 40 Kg/cm²
- Peso: 11,0 Kg/m²
- Volumen Empaquetado: 15 m²/m³
- Aislamiento térmico: 0,43 W/m²K
- Cara exterior:
 - Acabado: HDX (ideal contra la corrosión garantizando la estabilidad del color) color REGALIZ 47NP
 - Acero: DX 51 de 0,6 mm de espesor
- Cara interior:
 - Acabado: prelacado color WHITE 880
 - Acero: DX 51 de 0,4 mm de espesor

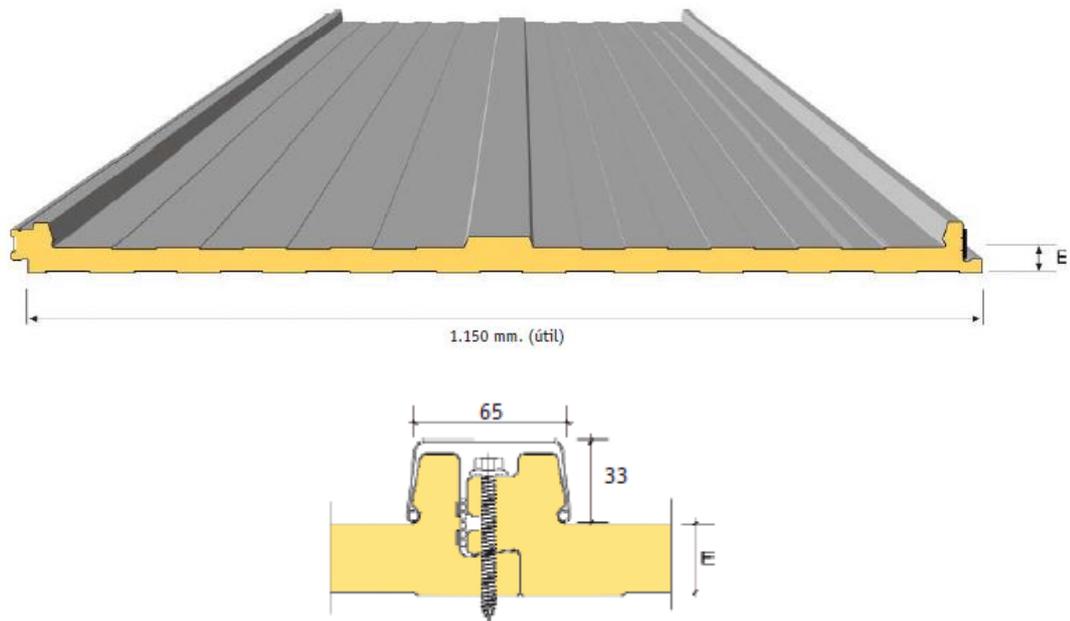


Figura 5.10 Panel de cubierta Ondatherm

El remate para el soporte de la cubierta con el perímetro se realizará en acero galvanizado de 2 mm de espesor y un desarrollo de 196 mm en longitudes de 12.000 mm.

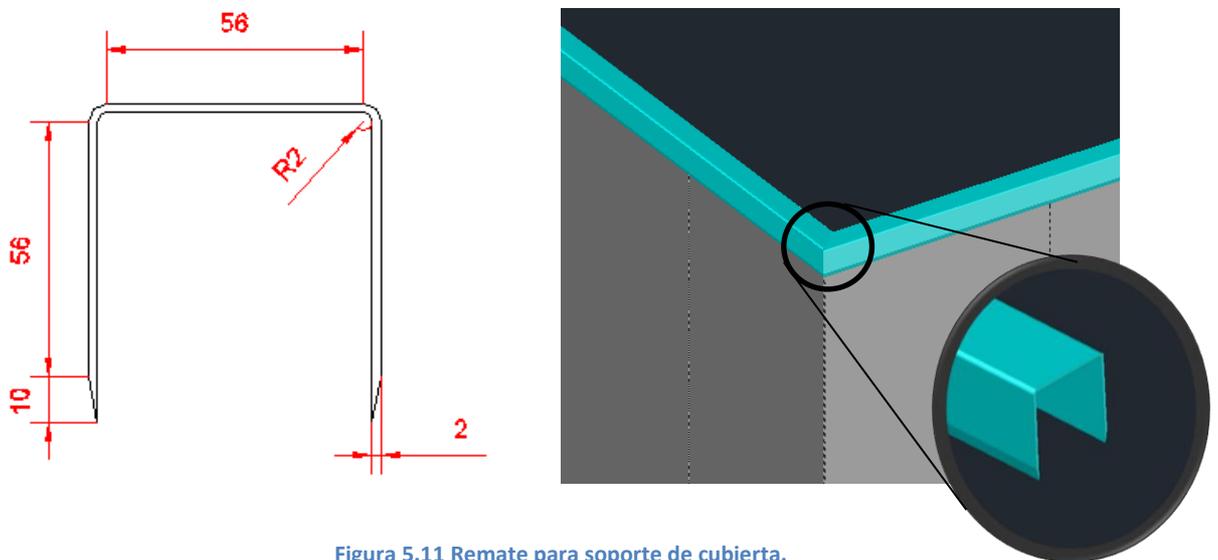


Figura 5.11 Remate para soporte de cubierta.

En el caso de que los paneles de la cubierta pandeen debido a que los muros se encuentren a gran distancia, cabe la posibilidad de instalar vigas de acero con perfil tipo C 160 x 70 x 19 x 2 mm y un acabado visto en el interior de la vivienda. Éstas se colocarán sobre piezas diseñadas a medida como podemos observar en la siguiente imagen.

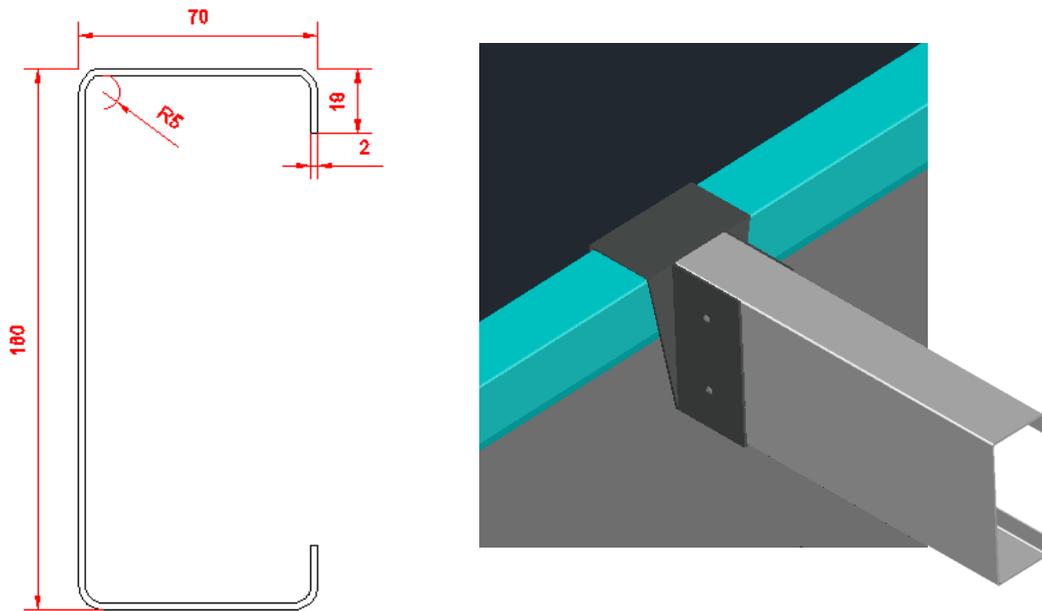


Figura 5.12 Perfil viga.

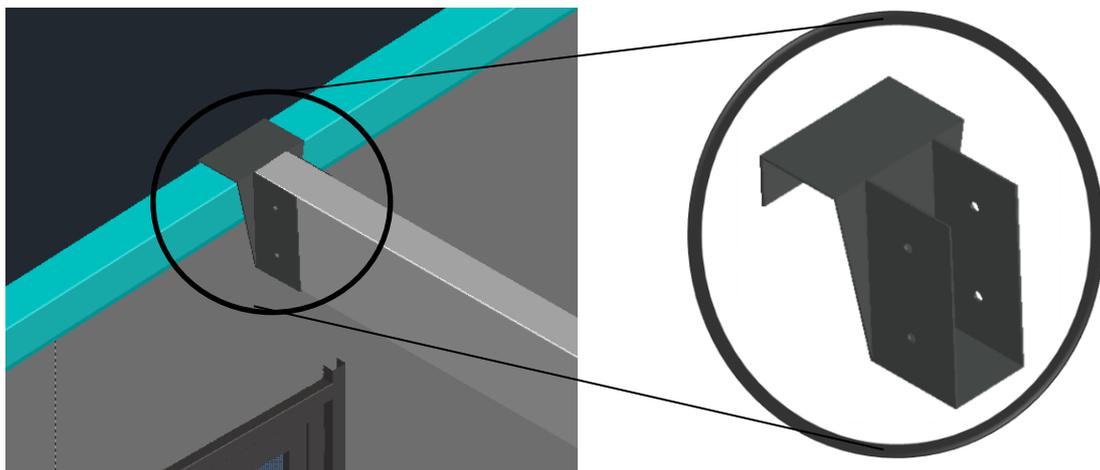


Figura 5.13 Detalle de la pieza de soporte de la viga en tramo recto inclinado.

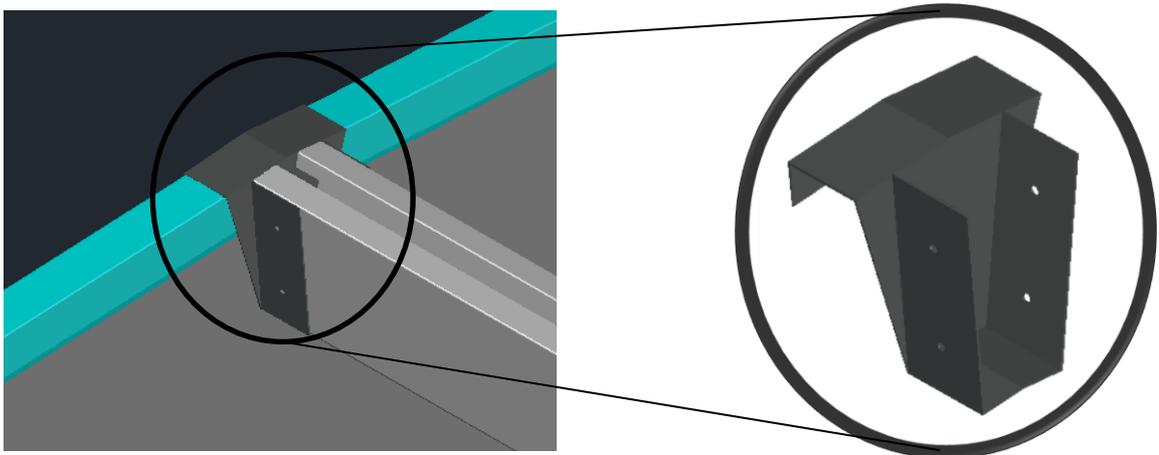


Figura 5.14 Detalle de la pieza de soporte de vigas en el punto de unión de dos aguas de la cubierta.

5.1.4. Carpintería exterior.

La carpintería exterior de la vivienda estará compuesta por *Puertas y Ventanas Abatibles Vemax de PVC y aluminio*, ofreciendo gran calidad y acabado. Esta combinación de materiales muestra una estética impecable que se adapta a los requisitos del proyecto arquitectónico y máximas propiedades de aislamiento térmico y acústico.

Las ventajas que nos ofrecen estos productos son las siguientes:

- **Ahorro y eficiencia energética:** las múltiples cámaras de PVC en el interior de los perfiles, logran un aislamiento óptimo de la hoja junto a las distintas capas de vidrio.
- **Acabados:** uniendo las ventajas funcionales del sistema de ventanas en PVC-Aluminio Vemax, los altos valores de aislamiento con aspectos de diseño, se puede considerar una inversión ideal para largo plazo. El aluminio otorga a este sistema un amplio abanico de colores y texturas, poniendo un toque de modernidad y elegancia a la fachada.
- **Ventajas del aluminio en el exterior:** el aluminio es un material de alta durabilidad y resistencia a la intemperie, altos valores de hermeticidad frente a la lluvia y estanqueidad, no retiene la suciedad y de fácil limpieza.

Además también se integrarán sistemas de persiana de cajón oculto cuyo sistema se ha explicado con anterioridad en otros apartados del presente proyecto.

5.1.5. Carpintería interior.

Para la carpintería interior llevaremos a cabo la instalación de puertas con sistema block, que facilita la instalación de un aireador, permitiendo la circulación del caudal de aire requerido en el DB-H5 del CTE. Este tipo de puertas utilizan chapas precompuestas, más ecológicas, provenientes de talas controladas y de plantaciones con repoblación de masas forestales que aseguran un desarrollo sostenible.



Figura 5.15 Puerta con sistema block.

El suelo estará compuesto por losas de materiales naturales como mármol nacional, ya que al instalar un sistema de suelo radiante nos ofrece un mejor comportamiento en cuanto a transmisión térmica.

Por otro lado, los paneles que conforman los muros de la vivienda, pueden ser cubiertos con una placa de pladur. Así conseguiremos una mayor resistencia al fuego y un acabado interior de gran calidad estética. La placa de pladur debe atornillarse directamente sobre los paneles de chapa de acero. El tipo y grosor de las placas de pladur se determinará en función a la normativa de cada zona.

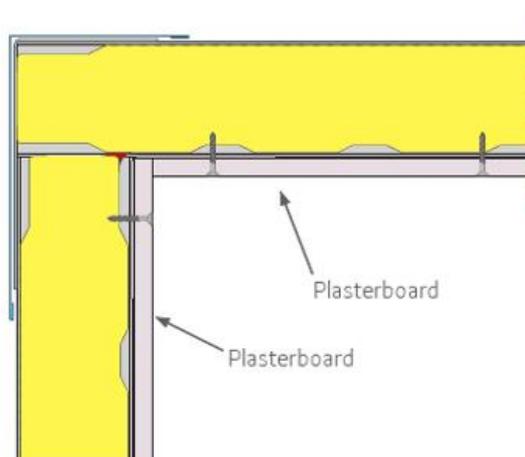


Figura 5.16 Instalación de las placas de pladur.

5.2. Características Técnicas.

5.2.1. Características Técnicas ante comportamientos irregulares.

El sistema de alojamiento modular da la posibilidad de una planta superior habitable gracias a la unión que garantiza la rigidez de la estructura en su comportamiento frente al viento y movimientos sísmicos.

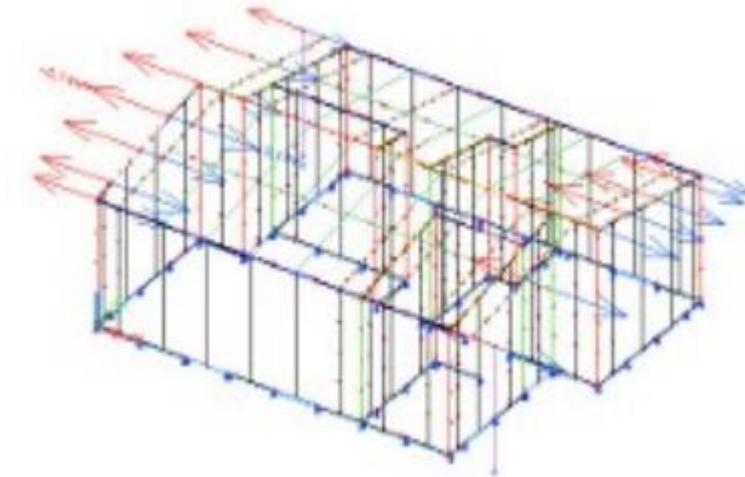


Figura 5.17 Sistema estructural.

5.2.1.1. El acero es resistente a los terremotos.

La construcción de acero aumenta la longevidad en las zonas propensas a los terremotos y salvaguarda la vida humana a través de su resistencia.

Fracasos globales y un gran número de bajas se asocian sobre todo con estructuras hechas de otros materiales.

5.2.1.2. Cualidades del acero.

- **Peso ligero:** Las estructuras de acero son generalmente más ligeras que las compuestas por otros materiales. Poseen gran luz para que el diseño sísmico no sea crítico.
- **Flexibilidad:** las estructuras de acero son generalmente más flexibles que otros tipos de estructuras.
- **Ductilidad:** a diferencia de otros materiales, el tipo de colapso del acero es dúctil, lo que significa que cuando es sometido a grandes fuerzas, el acero no se rompe, si no que disipa la energía por deformación plástica.

5.2.1.3. Características del acero.

- Aislamiento térmico
 - Perfil del suelo = 0,29 – 0,47 W/m²K (100 a 60 mm)
 - Perfil del techo = 0,28 - 0,58 W/m²K (100 a 40 mm)
- Aislamiento acústico
 - Paredes (60 mm): RW (C;Ctr):25 (-1;-3) dB
 - Techo (40 mm): (C;Ctr): 255 (-1;-3) dB

5.2.1.4. La fuerza del viento.

Este tipo de viviendas son capaces de soportar vientos de hasta 36 m/s (130 km/h) con picos de hasta 50 m/s (180 km/h).

5.2.1.5. Comportamiento al fuego.

En un ensayo realizado sobre un panel de 60mm de espesor con 15 mm de yeso cortafuegos en el lado expuesto, se alcanzó un grado de resistencia al fuego (FRR) de 30 minutos.

5.2.1.6. Validado por el ensayo de niebla salina y la humedad.

Grado de acero: S350GD-Galvanizado en caliente Z275-25 μm con revestimiento de acero prepintado.

- El grosor estándar de la espuma de poliuretano
 - Exteriores: 60 mm en los paneles exteriores
 - Interiores: 40 mm en los paneles interiores.
- El espesor de la chapa de acero
 - Interiores: 0,40 mm (estándar)
 - Exteriores: 0,60 mm (estándar)
- En el caso de tratarse de regiones con condiciones climáticas agresivas (orillas del mar....) se requerirá de una capa específica en los paneles aislantes estructurales.

5.2.1.7. Garantía de acero con recubrimiento orgánico.

- No perforación de la chapa metálica ≤ 30 años
- No delaminación de la pintura ≤ 30 años
- La apariencia estética ≤ 5 años

5.2.1.8. Cálculo del rendimiento térmico.

El rendimiento térmico ha sido evaluado por cálculo térmico. Como resultado este cálculo demuestra que la vivienda proporciona una mejor comodidad de verano en comparación con un ladrillo tradicional y la casa de mortero (hasta 5 °C más fría).

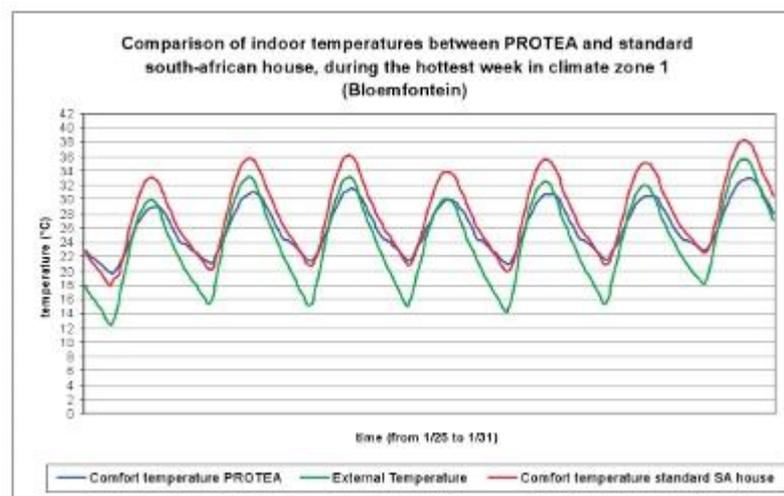


Figura 5.18 Cálculo del rendimiento térmico.

5.2.1.9. Medición del rendimiento térmico.

Se realizó una medición de la termografía sobre un prototipo, mostrando un buen aislamiento y estanqueidad al aire.

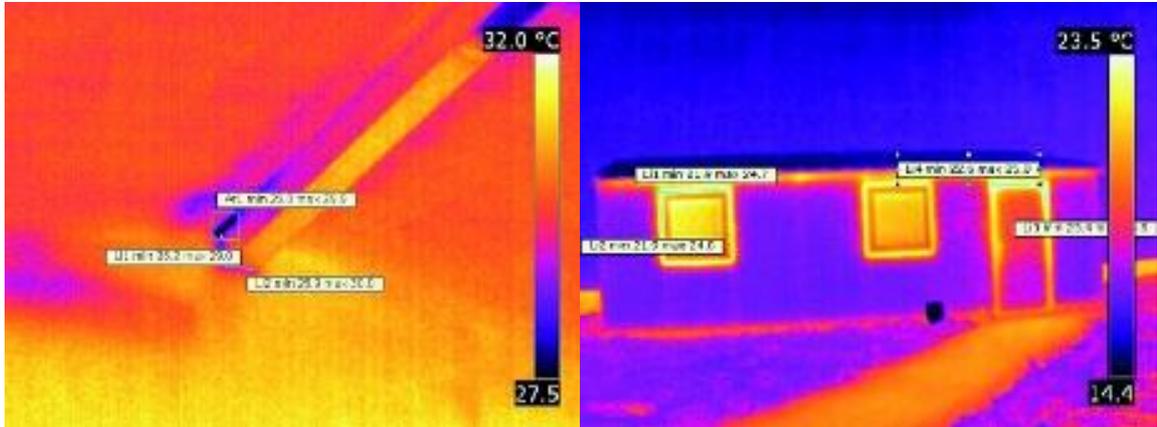


Figura 5.19 Medición del rendimiento térmico.

5.3. Transporte.

Los componentes estandarizados están totalmente prefabricados en las fábricas. Son empaquetados y transportados mediante contenedores a su lugar de destino.



Figura 5.20 Sistema de transporte.

5.4. Construcción.

Cuatro trabajadores pueden llevar a cabo la construcción, incluyendo puertas y ventanas, en tan sólo 4 días. El montaje se realiza mediante uniones atornilladas. Además de los diferentes materiales se incluye una guía de instalación, para que ésta resulte más rápida y sencilla. A continuación se muestran los diferentes pasos a seguir:

Día 1:

1. **Recepción de los materiales en el lugar del montaje:** se lleva a cabo la instalación de los cimientos (losa de hormigón o estructura de acero seco) y los elementos son desempaquetados para su montaje.



Figura 5.21 Materiales en el lugar de montaje.

2. **Preparación del terreno, ejecución:** se colocarán los diferentes perfiles en U, responsables de la unión de los paneles con los cimientos. Se empezarán ensamblando los paneles en esquina.



Figura 5.22 Colocación de perfiles en U.

Día 2:

1. **Conjunto de muros y tabiques:** el montaje de los paneles de los muros y los tabiques prefabricados será secuenciado con el fin de construir subconjuntos rígidos y para asegurar la estabilidad durante la construcción, especialmente en caso de vientos fuertes.



Figura 5.23 Colocación de los dos primeros paneles.

2. Dos últimos paneles del muro: la construcción del muro se finalizará mediante la colocación de los paneles que componen la esquina opuesta a la inicial.



Figura 5.24 Colocación de los dos últimos paneles.

Día 3:

1. Unión de muro y cubierta mediante perfil en U: para llevar a cabo la unión de los paneles del muro y de la cubierta se colocarán los perfiles en U en la parte superior de todos los paneles (tanto exteriores como interiores).



Figura 5.25 Unión de los paneles del muro y de la cubierta.

Día 4:

1. Accesorios de acabado: ensamblaje de los paneles de la cubierta, instalación de la cumbrera en la parte superior y remates.



Figura 5.26 Accesorios de acabado.

Como ya hemos dicho con anterioridad, además del material necesario para la construcción, incluye una guía con instrucciones del montaje completo. Dos documentos detallan los diferentes pasos en el proceso de construcción de la vivienda:

1. **Construcción manual:** en este primer documento, se describen los siguientes puntos:
 - *Herramientas necesarias:* descripción del equipo necesario.



Figura 5.27 Herramientas necesarias.

- *Nomenclatura:* nomenclatura extensa de los contenidos.
- *Preparación del sitio:* cómo preparar el sitio de construcción antes de comenzar.

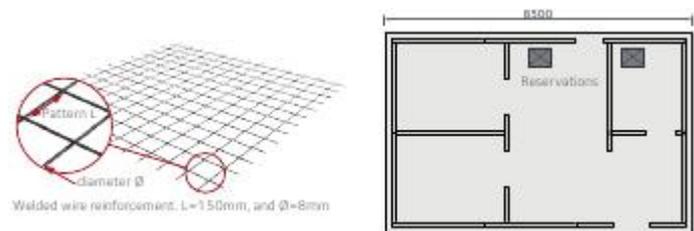


Figura 5.28 Preparación del sitio.

- *Recomendaciones, operaciones preliminares:* por ejemplo sobre el control de la verticalidad de los paneles.
- *Disposición de los elementos:* diseño de los planos de instalación de los elementos, dando orden de colocación y posición de cada uno.

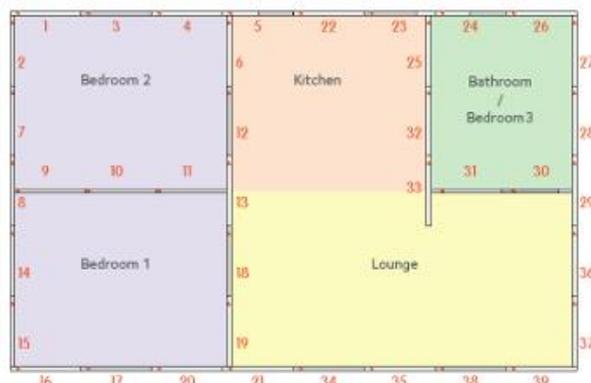


Figura 5.29 Disposición de los paneles.

- *Detalles de conexión:* especificación de cómo son las conexiones.

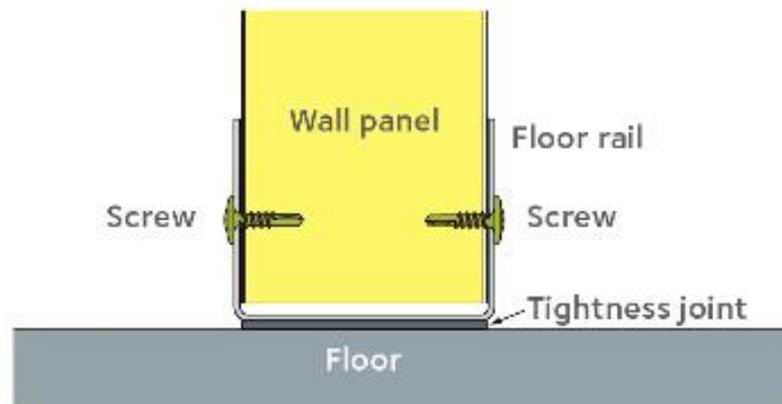


Figura 5.30 Conexión de los paneles, perfiles del suelo y cimientos.

- *Aperturas:* como instalar y sujetar las puertas y ventanas.



Figura 5.31 Aperturas: puertas y ventanas.

2. Planos de fijación: este segundo documento contiene una gama completa de dibujos que muestran el número y la posición exacta de las distintas fijaciones.

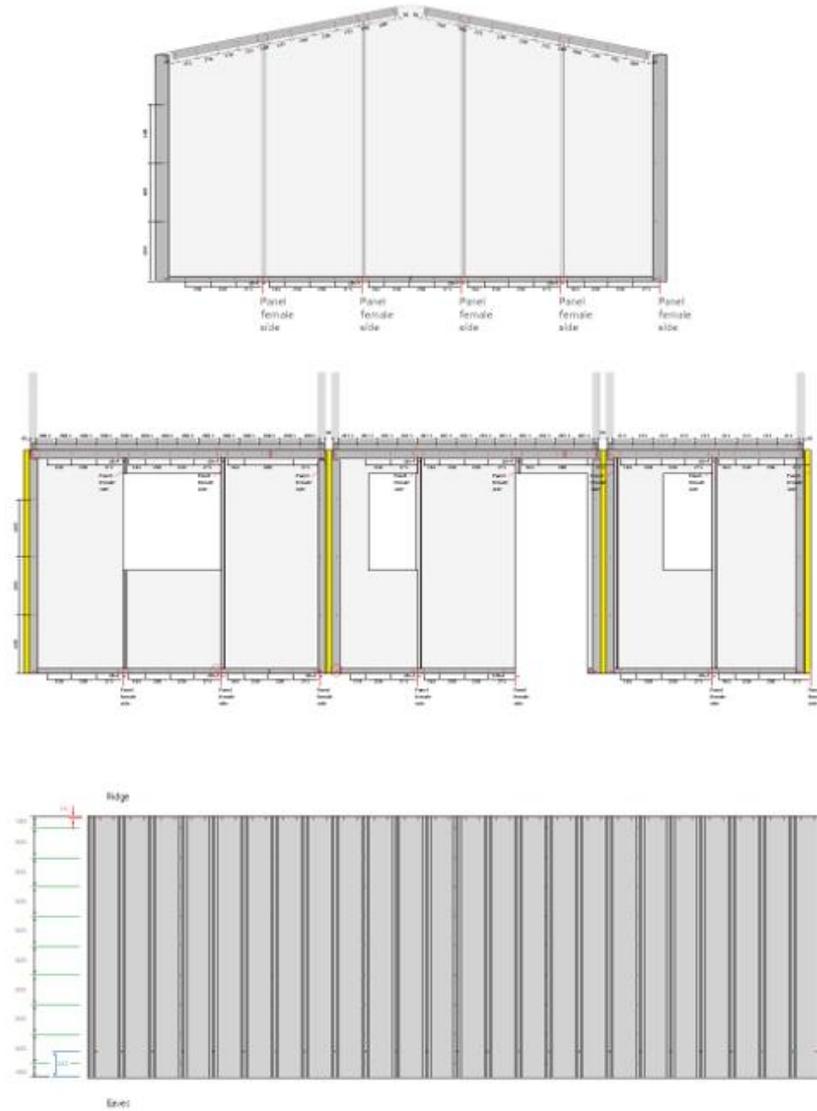
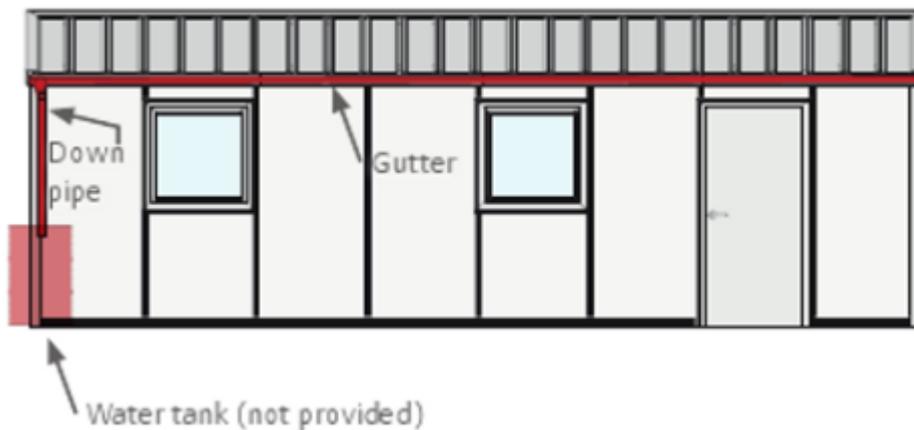


Figura 5.32 Planos de fijación.

No debemos olvidar que este tipo de viviendas incluye un sistema de recogida de agua de lluvia. Este sistema incluye canalones, conexiones de tubos y tuberías, codos, uniones y soportes.



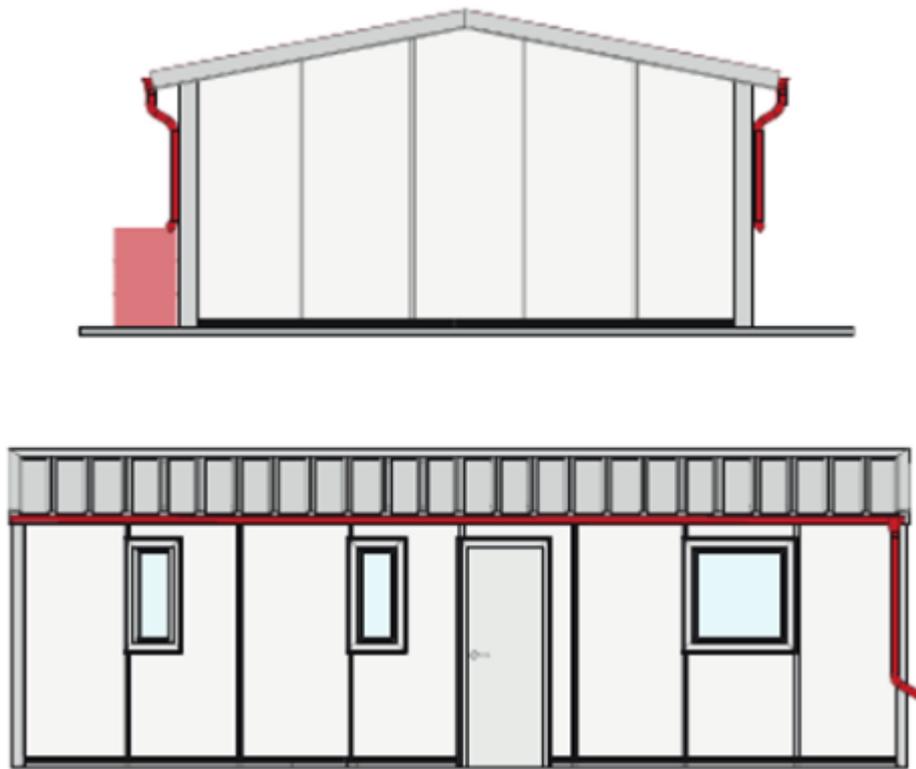


Figura 5.33 Sistema de recogida de agua de lluvia.

Además se puede incluir un sistema de carriles capaces de soportar varios tipos de colectores solares.



Figura 5.34 Detalle de la prueba mecánica del carril.

Se puede hacer un estudio para adaptarse a sus necesidades.

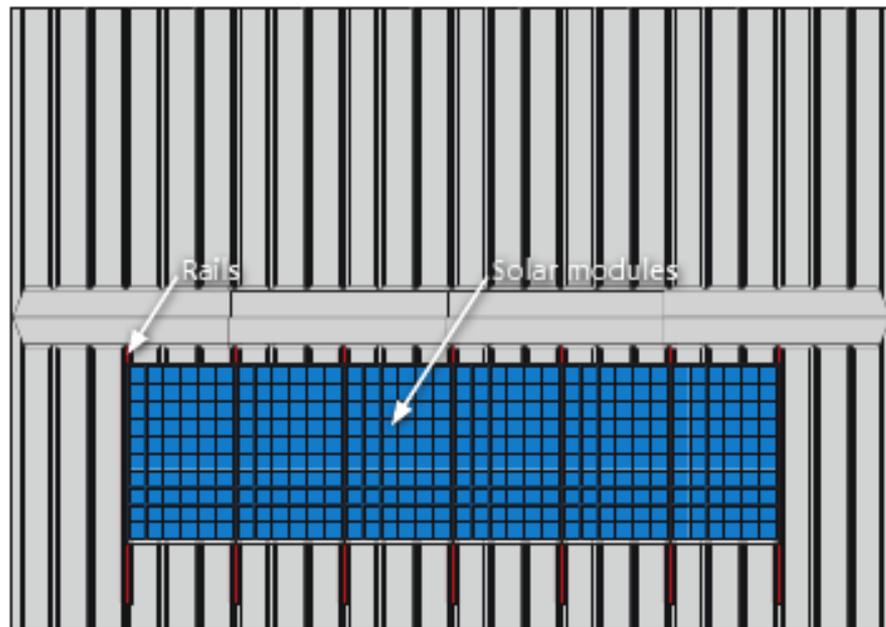


Figura 5.35 Cubierta con 7 railes y 6 colectores solares.

Por último, debemos destacar que este tipo de construcción ofrece la posibilidad de ampliar la vivienda en un futuro si fuera necesario.

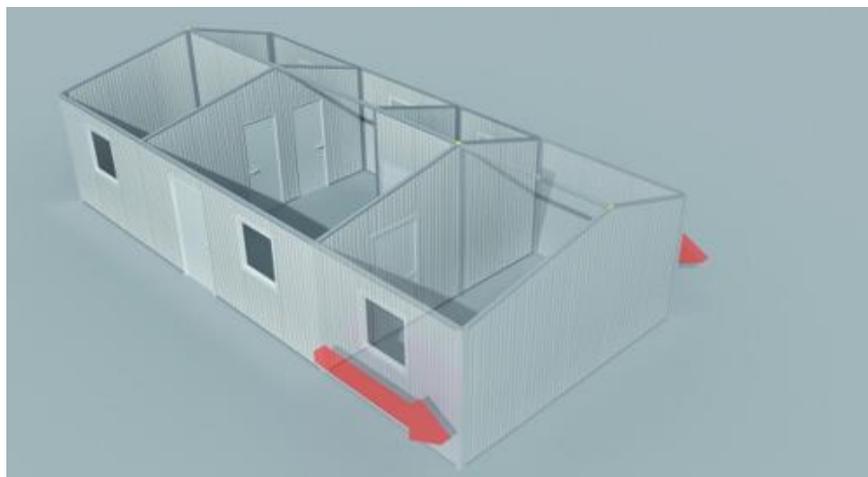


Figura 5.36 Ampliación de la vivienda.

5.5. Beneficios.

Las viviendas modulares de paneles autoportantes están fabricadas de acero seguro y sostenible. El acero cuenta con numerosas ventajas, lo que lo convierte en un material ideal para la construcción:

- Acero, un material que proviene de la naturaleza: el mineral de hierro, su materia prima, es uno de los elementos más abundantes de la tierra.



Figura 5.37 Mina de hierro.

- El acero es un material limpio: en su proceso de fabricación se han reducido los consumos de energía y las emisiones de CO₂ a la mitad en comparación a los niveles de 1960.
- El acero reduce la contaminación acústica y hace más limpia y segura la construcción: al tratarse de materiales prefabricados, se minimizan los residuos y la presencia de polvo en el lugar de almacenamiento, permitiendo una construcción más segura, seca y libre de polvo.



Figura 5.38 Reducción de la contaminación.

- El acero es sostenible, duradero y sólido: hoy en día, existen tratamientos que protegen el acero contra la corrosión mediante procesos de galvanización.
- El acero es reciclable y reciclado: el acero es un material de muy larga duración y 100% reciclable. Más del 40% de la producción mundial del acero proviene de acero reciclado.



Figura 5.39 Acero reciclable.

- *Proceso de reciclaje de los paneles sándwich:* diferentes estudios demuestran que existen soluciones técnicas para recuperar el acero de los edificios y transformarlo en chatarra de alta calidad. El objetivo es separar el acero de la espuma de poliuretano de tal manera que cada componente sea lo suficientemente puro para ser reciclado por separado. Para ello emplearemos una cizalla rotativa, y a continuación un bombo magnético.



Figura 5.40 Proceso de reciclaje de paneles sándwich.

Sin embargo, la reutilización de los paneles sándwich podría ser una solución más simple y barata de reciclaje.

- **El acero es resistente a los terremotos:** la construcción de acero aumenta la longevidad en las zonas propensas a los terremotos y salvaguarda la vida humana a través de su resistencia.

<p>Low cost Cheaper than traditional materials with higher performances</p>	<p>Thermal insulation $U_{wall} = 0.29-0.47W/m^2K$ (100-60 mm) $U_{roof} = 0.28-0.58W/m^2K$ (100-40mm)</p>	<p>Fast installation - 4 days - 4 workers</p>
<p>Industrial power Industrialised system available in very large quantities</p>	<p>Sound insulation Walls (60mm): Rw (C, Ctr): 25(-1,-3) dB Roof (40mm): Rw (C, Ctr): 25(-1,-3) dB</p>	<p>Easy installation kit Easy to assemble, construction guide provided</p>
<p>Training for local contractors Supervision training and technical assistance during construction</p>	<p>Corrosion resistance Validated by salt spray test and humidity resistance</p>	<p>Dry and clean construction site No water nor concrete needed</p>
<p>Environmentally friendly - Steel is indefinitely and 100% recyclable - Steel is sustainable, durable and solid</p>	<p>UV resistance - $\Delta E \leq 3$ - Gloss retention $\geq 60\%$</p>	<p>National certificates Arcelor/Mittal Construction respects the national construction regulations</p>
<p>Wind load Up to 50 m/s (180km/h)</p>	<p>Seismic resistance Up to 10m/s²</p>	<p>Reaction to fire SBI test with 10mm plasterboard: B s1 d0 (EU norms)</p>

Figura 5.41 Beneficios de las casas modulares.

5.6. Análisis estructural de construcción.

5.6.1. Metálica modular.

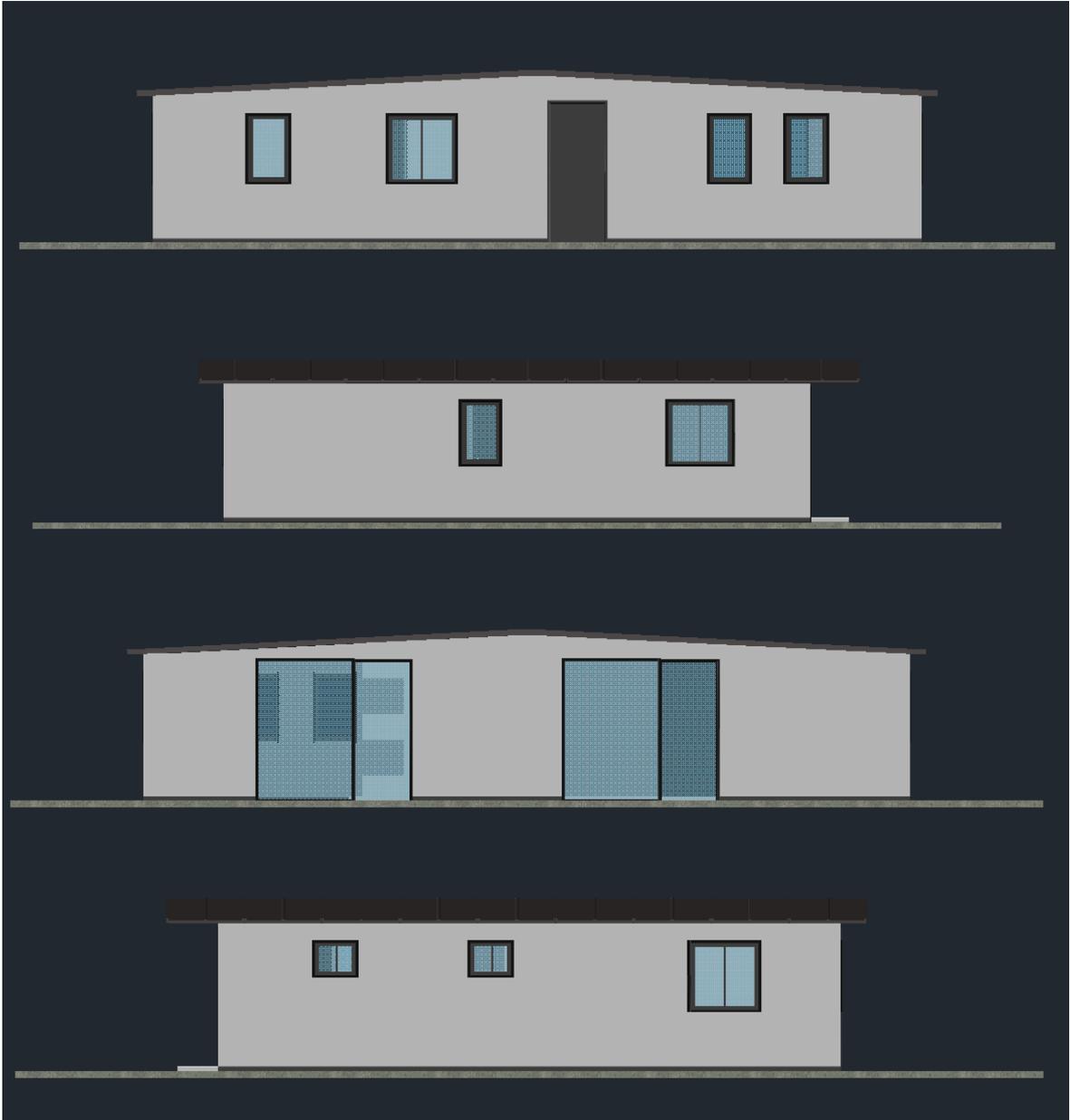


Figura 5.42 Alzado frontal, alzado derecho, alzado posterior y alzado izquierdo.

5.6.2. Principios estáticos.

5.6.2.1. Comportamiento estructural.

La combinación de elementos portantes ligeros (entramado), trabajando solidariamente con elementos de cubrición (cerramiento), aporta al conjunto la resistencia y rigidez necesaria antes las acciones verticales y horizontales.

Las plataformas funcionan como una estructura plana (que resiste cargas perpendiculares a su plano y contenidas en él) en el conjunto del edificio.

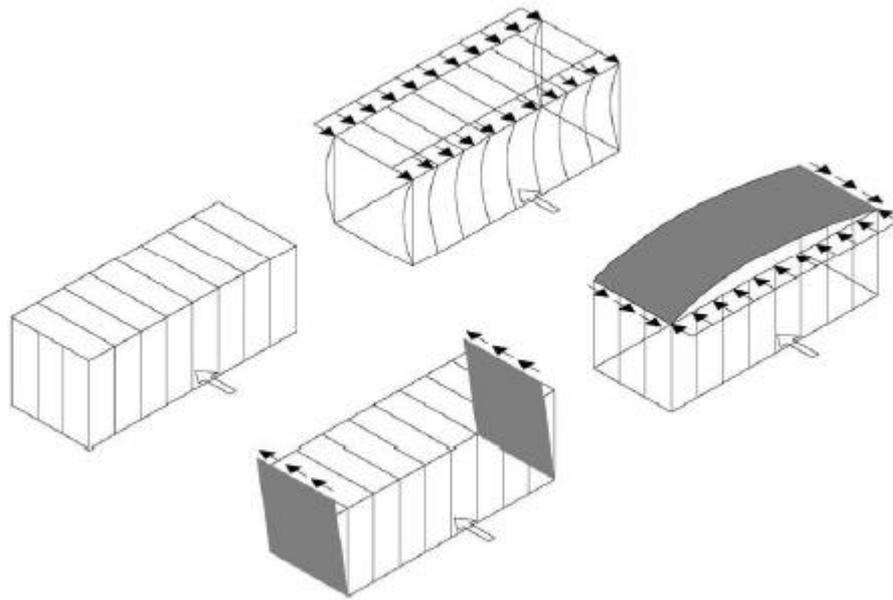


Figura 5.43 Acción del viento.

La acción de las cargas se distribuye de la siguiente forma.

a. Acciones verticales.

Son resistidas por los paneles horizontales de cubierta y verticales de las paredes.

b. Acciones horizontales.

- Son resistidos por las paredes dispuestas perpendicularmente a la dirección del viento. Se producen dos reacciones, una en la cabeza de los paneles y otra en la cimentación.
- La reacción en la cabeza de los paneles se transmite al diafragma del forjado que actúa como viga de gran canto apoyada en los dos muros laterales.
- La reacción en la cimentación es transmitida por los muros laterales que al estar empotrados en el suelo, actúan como voladizos que transmiten a la cimentación las reacciones de las “viga” de diafragma del forjado. De esta forma, cada muro se comporta como un diafragma rigidizado en su plano que evita el descuadre.
- Finalmente en la cubierta se produce un fenómeno similar en el que los diafragmas se organizan en los planos de cubierta.

El hecho de que la construcción en su conjunto tenga la misma constitución le hace apto para resistir los esfuerzos variables (viento y sismo) en cualquiera de sus caras.

5.6.2.1.1. Diafragma de muros.

Para garantizar el efecto diafragma vertical (arriostramiento-rigidez) los tableros deben ir unidos en todo su perímetro mediante elementos mecánicos de fijación.

Principios generales

La resistencia al descuadre de los muros-diafragma puede determinarse a partir de resultados de ensayos de prototipos, o mediante el procedimiento simplificado descrito en el apartado siguiente:

5.6.2.1.2. Análisis simplificado.

La resistencia al descuadre, F_{iv} , de un muro diafragma, que consta de uno o más paneles en los que cada tablero queda fijado en su contorno mediante elementos mecánicos de fijación, asegurado convenientemente al levantamiento (mediante fuerzas verticales o anclajes), solicitado por una fuerza horizontal F_h , que actúa en el borde superior, puede determinarse por el procedimiento simplificado que se indica a continuación, siempre que se cumplan las condiciones siguientes:

La separación entre los elementos de fijación es constante a lo largo del perímetro de cada tablero y el ancho b_i de cada panel es igual o superior a $h/4$ siendo: b_i y h longitud y altura, respectivamente, del panel como nos muestra la siguiente figura.

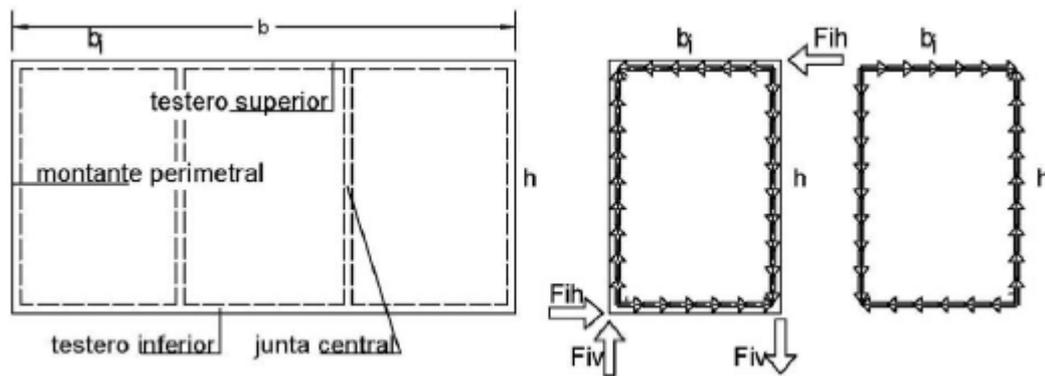


Figura 5.44 Muro diafragma.

Aquellos paneles del muro diafragma que tengan huecos de puertas o ventanas no se consideran en la contribución de la resistencia al descuadre del grupo (muro diafragma).

$$F_{iv} = F_{ih} \times h/b_i$$

La tensión sobre el elemento de unión:

$$F_{iv}/h$$

Para los muros diafragma formados con módulos con tableros en las dos caras son de aplicación las reglas siguientes:

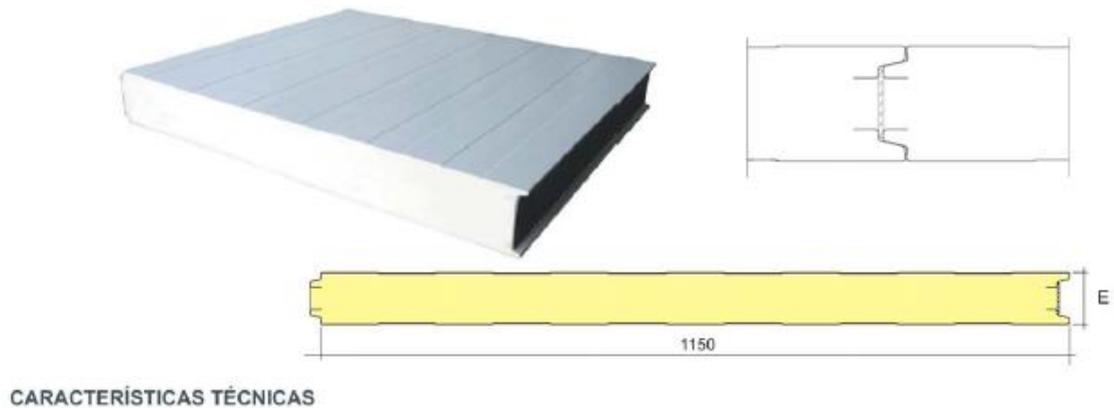
Estas fuerzas pueden transmitirse a los módulos adyacentes del muro-diafragma o a la construcción situada por encima o por debajo. Si se transmiten fuerzas de tracción a la construcción situada por debajo, el panel debe anclarse adecuadamente.

Las fuerzas externas F_{ih} que se presentan en los módulos que contienen huecos de puertas o ventanas o paneles de ancho menos a $h/4$, pueden transmitirse a lo largo de

todo el testero superior originado, igualmente, fuerzas que pueden ser de tracción o compresión en la construcción situada en el nivel superior e inferior.

5.6.3. Análisis estructural de construcción metálica modular.

La construcción analizada se compone de paneles de chapa de acero galvanizada y lacada con núcleo de espuma de poliuretano de densidad 40 kg/cm^3 de rápido montaje de carácter modular y confinados mediante dos elementos horizontales que les aportan la rigidez y arriostramiento necesario.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Espesor nominal (mm.) E	Peso Kg/m ² P	Volumen Empaquetado m ³ /m ²	Aislamiento Térmico W/m ² K
60	10,9	16	0,350
80	11,6	12	0,270
100	12,4	10	0,205
120	13,1	8	0,178
150	14,3	7	0,150
180	15,4	6	0,125
200	16,2	5	0,112

Figura 5.45 Panel exterior.

En la comprobación de la estabilidad del diseño se ha optado por la simplificación de las cargas sobre los planos laminares considerándolas únicamente en las zonas de unión en las que el panel presenta el refuerzo plegado.

Se ha despreciado la capacidad portante del PU y se ha utilizado un modelo matricial para comprobación de las diferentes solicitaciones.

Pasamos de un modelo tridimensional a un modelo por planos y posteriormente a una descomposición alámbrica de la construcción, hasta su modelización para el cálculo.

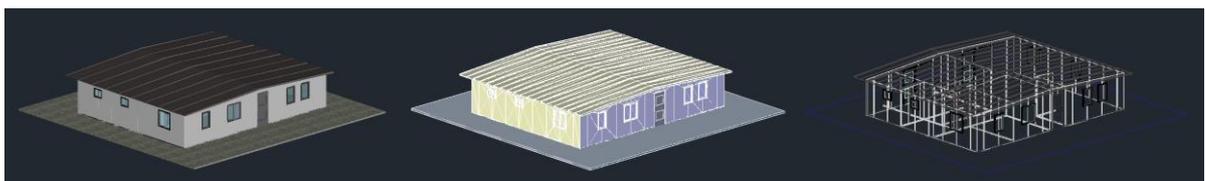


Figura 5.46 Vista realista, vista por planos y vista mallada.

Una vez consideradas las solicitaciones aportadas por el cliente se procede al análisis de la estructura para efectuar su comprobación.

Para ello se recrea el modelo con perfiles conformados en las uniones, asimilando cada uno de los paneles a una barra.

En las esquinas exteriores y las zonas de inferior y superior se arriostra mediante tensores de varilla roscada y perfilería especial diseñado ex profeso para este tipo de construcción.

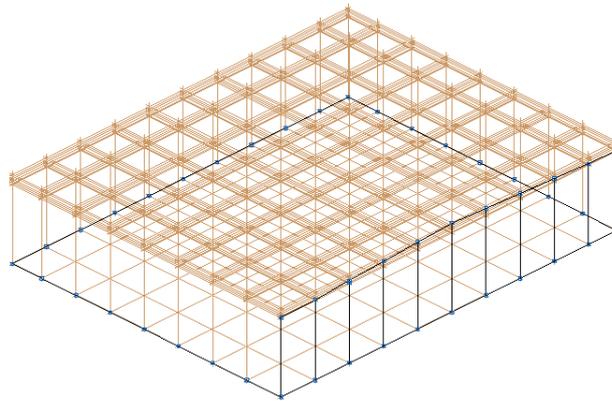


Figura 5.47 Creación de perfiles.

Se efectúan las comprobaciones necesarias sobre el diseño preconcebido para asegurar su viabilidad y se consiguen las leyes de esfuerzos estimadas según las cargas consideradas y que posteriormente serán comprobadas mediante ensayos directos sobre el prototipo.

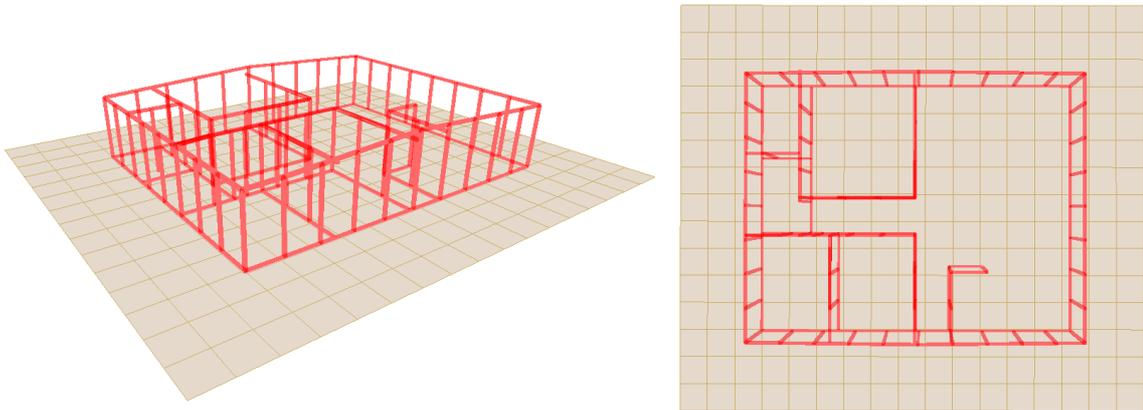


Figura 5.48 Estructura de la vivienda.

Debemos remarcar que los cálculos correspondientes no han sido incluidos en el presente proyecto debido a su elevada extensión.

6. Elección de la tecnología o tecnologías a instalar.

Después de analizar el principio de funcionamiento de las instalaciones y elementos básicos para la construcción de una casa pasiva, vamos a llevar a cabo la descripción de la vivienda, destacando cuáles han sido las decisiones tomadas en función de las necesidades de la misma y según las condiciones climatológicas de la zona.

Como ya hemos dicho con anterioridad, el estándar *passivhaus* tiene como finalidad conseguir un elevado confort interior así como reducir al máximo el consumo de energía. El objetivo principal es reducir la demanda energética a $15 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$ tanto en calefacción como en refrigeración. La energía primaria total demandada por la vivienda, incluyendo la climatización, iluminación, electrodomésticos, no debe superar los $120 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$.

En consecuencia a esto vamos a definir cada uno de los elementos empleados en la construcción de la vivienda.

6.1. Envoltente térmica.

Es uno de los puntos más importantes a la hora de llevar a cabo la construcción de la vivienda puesto que de ella depende disponer de una baja demanda de energía en la misma.

La envoltente térmica de la vivienda forma parte de los paneles modulares autoportantes que conforman la estructura. Estos paneles son empleados tanto en la estructura de muros exteriores e interiores como en el tejado.

En función a la climatología de la zona (Garrafe de Torío, zona climática tipo II), el espesor del aislamiento de nuestra vivienda es de: 60 mm en paneles exteriores (características técnicas apartado 5.1.1), 40 mm en paneles interiores (características técnicas apartado 5.1.2.) y 50 mm en los paneles de la cubierta (características técnicas apartado 5.1.3). Con estos espesores conseguimos un aislamiento térmico de: $0,350 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ en los paneles exteriores, $0,62 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ en los paneles interiores y $0,43 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ en los paneles de la cubierta, suficientes para el perfecto aislamiento de nuestra vivienda.

Gracias al tipo de construcción empleado, el aislamiento térmico es continuo (regla del rotulador).

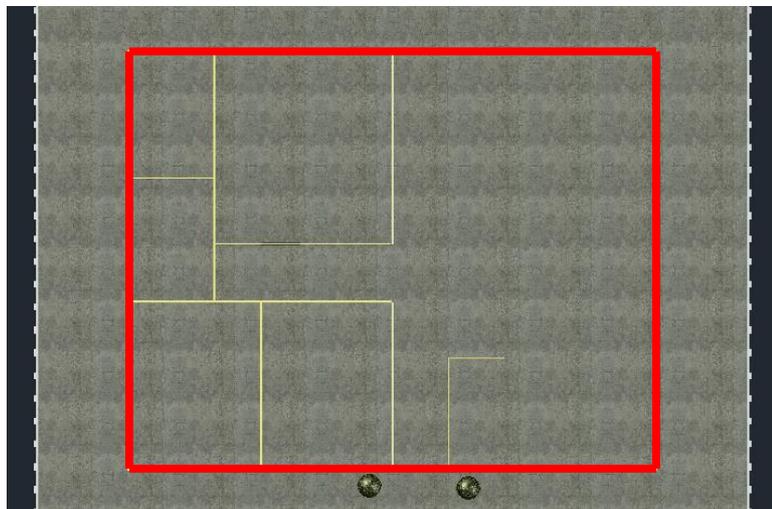


Figura 6.1 Regla del rotulador.

6.2. Acristalamientos, ventanas, puertas y persianas de altas prestaciones.

Otro punto de gran importancia (también tiene su influencia en la envolvente térmica), es el formado por la carpintería exterior de nuestra vivienda.

Acristalamientos:

En nuestro caso se aplicará un doble acristalamiento en todas las aberturas de la vivienda con un tratamiento diferente según sea la orientación de dicha abertura. En la fachada sur se aplicará un vidrio laminado de 3+3 mm con lámina de baja emisividad a modo de reducción de las radiaciones solares que penetran en las estancias, de forma que limitamos la aportación de calor indirecto.

Por el contrario, en la fachada norte se utilizará un vidrio de seguridad templado de 6 mm, sin tratamiento de baja emisividad debido a su orientación, ya que no recibe radiaciones solares directas. En el caso de las fachadas laterales se colocará el mismo acristalamiento que en la fachada principal orientada al Sur.

Para evitar que estos elementos se conviertan en vías de escape de la energía calorífica de la vivienda, se utilizará, en la totalidad de los acristalamientos, una cámara de aire estanca a modo de aislante de 16 mm. Como consecuencia, se reducirá la conductividad térmica (U) a valores del orden de $1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$, disminuyendo el valor de K en aproximadamente 2 puntos.

Persianas:

Es uno de los puntos principales a tener en cuenta puesto que es el lugar donde más probabilidad hay de existencia de puentes térmicos.

En la vivienda nos decantaremos por un sistema innovador de persianas *Reffstore Vemax*, integrada en el panel modular autoportante, siendo así invisible tanto en el interior como en el exterior de la vivienda. Está constituida por un casco de poliestireno expandido de máxima densidad ($\pm 40 \text{ kg/m}^3$) (al igual que el aislamiento de los paneles de la estructura), reforzado por dos placas de acero galvanizado diseñadas para una máxima estabilidad y que aseguran una perfecta rigidez durante y después de las manipulaciones. Dispone de acabados laterales de pre-revoque que ofrece una excelente base de enlucido y perfil de aluminio incorporado en el molde.

Además posee una resistencia al fuego, que responde a la clasificación de incendios según M1 medidas DIN 4102 de elementos poco inflamables.



Figura 6.2 Cajón de persiana Vemax.

Ventanas:

Otro elemento de la carpintería exterior de gran importancia son los marcos de las ventanas. En esta ocasión nos decantaremos por una ventana en *PVC- Aluminio Vemax* de Hoja Oculta, que nos ofrecerá una apariencia más moderna, atendiendo a las demandas de mayor iluminación y discreción de las ventanas. Otras ventajas a destacar es la varilla distancial térmicamente optimizada para obtener un $U_w 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ y valores de aislamiento acústico $R_w 32$ hasta 40 dB , según el tipo de vidrio seleccionado.



Figura 6.3 Ventana PVC - Aluminio Vemax con Hoja Oculta.

Puerta:

La puerta de entrada también es un elemento fundamental de aislamiento en la vivienda ya que es uno de los mayores causantes de puentes térmicos. Para la vivienda seleccionaremos una puerta de entrada de *PVC-Aluminio Vemax*, cuya estructura está compuesta por panel de excelente calidad, que concede los mejores valores de aislamiento térmico, acústico y de seguridad. Las propiedades del PVC nos facilitan múltiples posibilidades decorativas, diferentes texturas y sobretodo seguridad. El recubrimiento exterior es de aluminio repelente de la suciedad.



Figura 6.4 Puerta de PVC-Aluminio Vemax.

6.3. Orientación de la vivienda.

En el presente proyecto, las orientaciones de las fachadas están condicionadas por la orientación de la parcela, por lo que la fachada principal tiene una orientación Sur. A pesar de esta limitación tenemos la ventaja de que las fachadas laterales no limitan con otras viviendas, por lo tanto, podemos llevar a cabo el aprovechamiento en épocas cálidas, ya que la aportación se produce por las fachadas este y oeste.

La fachada anterior de la vivienda, tal y como se observa en la imagen, es la que mantiene la alineación sur. Esta orientación recibe la máxima insolación en los meses de invierno mientras que reduce su índice de exposición en las horas punta debido a la altura del sol en los meses de verano. De esta manera la aportación calorífica se produce en los meses más fríos de año.

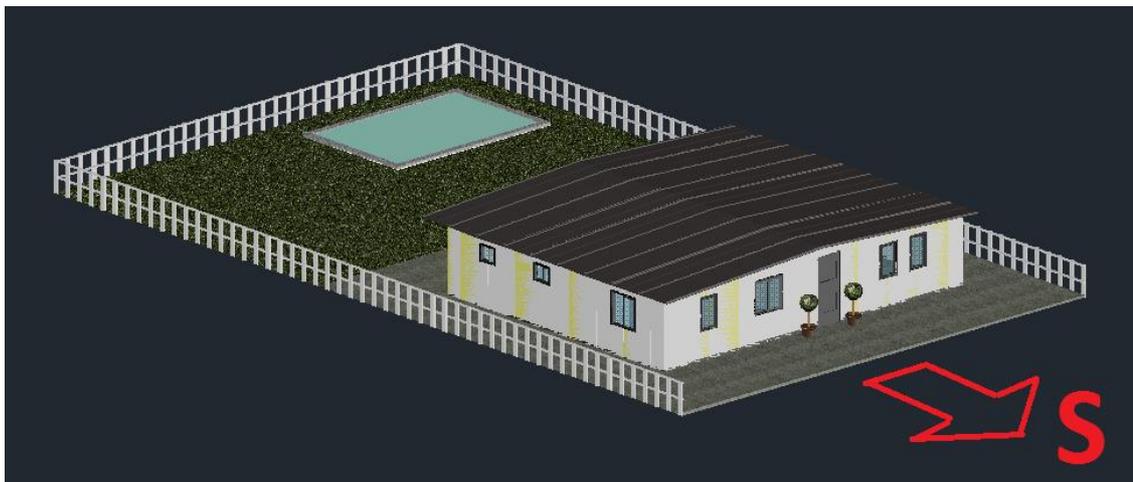


Figura 6.5 Orientación de la vivienda.

6.4. Protecciones solares.

La discontinuidad que se proyectará a lo largo de la fachada sur (también en el resto de fachadas), generando un pequeño voladizo en el tejado, generará unas protecciones solares en época estival ya que la inclinación solar posee un ángulo más grande respecto al resto del año. Estas medidas evitan el sobrecalentamiento de las estancias que origina un mayor aporte de energía por parte de la climatización.



Figura 6.6 Voladizo del tejado para generar protecciones solares.

6.5. Iluminación natural.

Es uno de los principales factores sobre los que hay que incidir con el fin de reducir el consumo energético. Garantizando la iluminación natural durante las horas diurnas el consumo energético destinado a ese fin resulta muy reducido.

Sabemos que los colores claro tienen mayor grado de reflexión, favoreciendo una mayor percepción lumínica sin una aportación de calor vinculada. Por tanto, los acabados de todas las estancias de la vivienda se resolverán con color blanco WHITE 880 que tiene un mayor factor de reflexión (0,85). Para la fachada emplearemos un tono un poco más oscuro, ZINC 4750, y para el tejado REGALIZ 47NP.



Figura 6.7 Color de los paneles interiores WHITE 880.

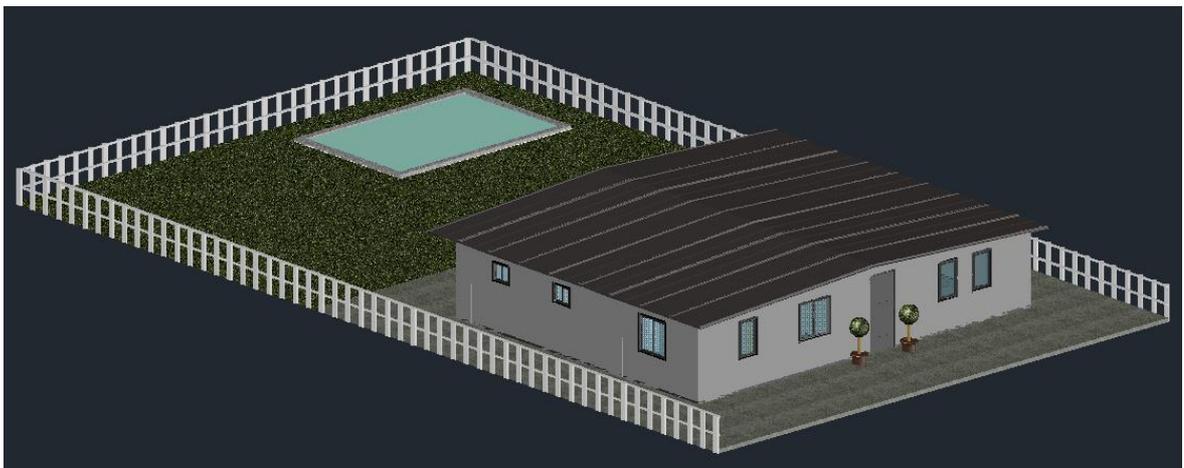


Figura 6.8 Color de fachada ZINC 4750 y color de cubierta REGALIZ 47 NP.

6.6. Ventilación mecánica con recuperador de calor.

Se implantará en la vivienda un sistema de ventilación mecánica con recuperador de calor, que permite ahorrar energía de calefacción en valores comprendidos entre el 15% y el 30% en función de la calidad de las ventanas y puertas respecto a su permeabilidad del aire. Gracias a este tipo de ventilación se mejora la estanqueidad y el aislamiento acústico, se mejora la calidad del aire gracias a la incorporación de elementos de filtrado, se lleva un control de los niveles de humedad y CO₂ y nos permite un ahorro de energía debido a los dispositivos recuperadores de calor.

Dentro de la ventilación tendremos en cuenta la ventilación natural cruzada, gracias a la perfecta orientación de nuestra vivienda (Norte-Sur).



Figura 6.9 Recuperador de calor.

6.7. Estanqueidad.

Es necesario realizar una buena presurización de la vivienda para garantizar la estanqueidad de la misma, reduciendo así las pérdidas por convección.

Al realizar la prueba Blower-door-Test (Prueba de Presurización), que consiste en la colocación de un ventilador sobre una puerta o una ventana exterior creando diferencia de presión (50 Pa), la envolvente exterior del edificio ha de tener un resultado inferior a 0,6 renovaciones de aire por hora según EN 13829, que corresponde con un valor de estanqueidad de 50 Pa.

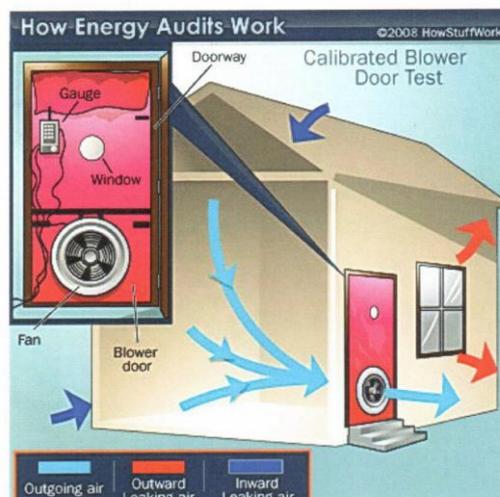


Figura 6.10 Blower-door-Test.

6.8. Ausencia de puentes térmicos.

Para evitar la posible formación de puentes térmicos se llevará a cabo en la vivienda una serie de medidas. En primer lugar se realizará un aislamiento continuo (regla del rotulador). Además debemos de poner especial atención en las juntas de los elementos constructivos, ya que deben quedar perfectamente aisladas y rellenas. En el supuesto caso de que esta capa de aislamiento tenga que ser interrumpida, debemos usar un material con la resistencia térmica más alta posible. Una vez realizadas todas estas medidas, se llevará a cabo una comprobación de la inexistencia de puentes térmicos mediante tecnología infrarroja.

Es muy importante eliminar los puentes térmicos ya que supone una reducción de la relación coste-eficiencia, al disminuir las pérdidas por transmisión o la transmisión de cargas de calor.

6.9. Iluminación por LED.

Los consumos energéticos dedicados a la iluminación alcanzan cerca de un 15% del total en el sector residencial.

La potencia eléctrica de un LED oscila entre los 10 W respecto a los 60 W que consume una bombilla incandescente. Mediante la implantación de iluminación LED en nuestra vivienda se alarga la vida útil alcanzando las 25.000 h, 25 veces más que cualquier bombilla tradicional. Es resumen, alcanzaríamos un ahorro de hasta el 80% durante su fase de explotación.

También debemos destacar que los LED no emiten calor al ambiente, por lo tanto se reducen los consumos de climatización.

6.10. Griferías eficientes.

Este tipo de griferías consumen aproximadamente la mitad del agua que puede llegar a utilizar los modelos estándar, por lo que su implantación supondrá un ahorro del 6% sobre los consumos de agua totales de la vivienda, además de generar un ahorro energético a la hora de producir agua caliente sanitaria.

6.11. Reutilización de aguas pluviales.

Como bien sabemos, el agua es un recurso limitado que en el uso habitual cualquier vivienda consumimos indiscriminadamente sin tener en cuenta el impacto que esto supone. El consumo medio asciende hasta los 170 litros por habitante y día frente a los 50 litros por habitante y día que considera la OMS (Organización Mundial de la Salud).

Mediante el aprovechamiento de las aguas pluviales para usos como el riego, inodoros, limpieza..., conseguimos un ahorro del 30 % del consumo total de agua de la vivienda.

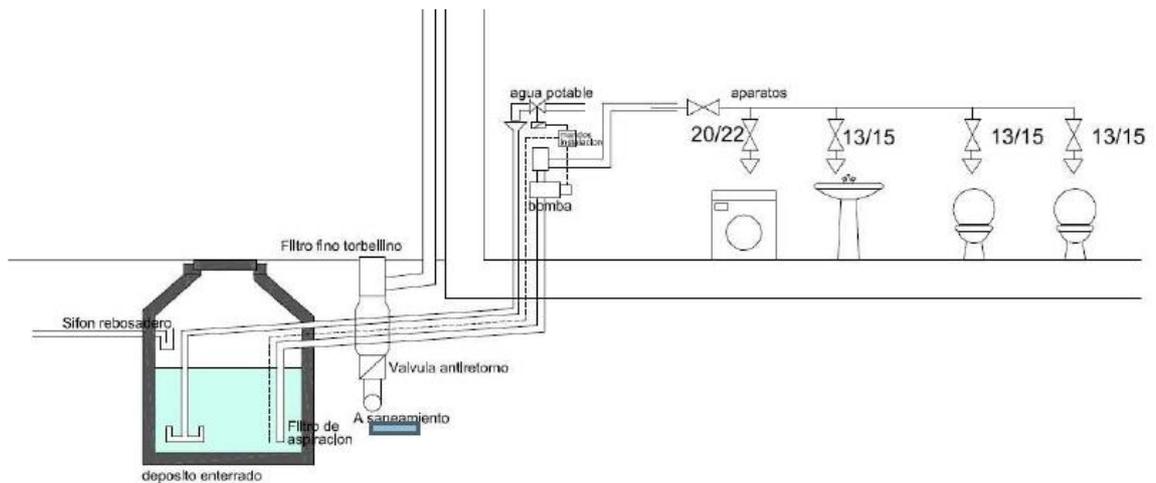


Figura 6.11 Esquema del sistema de recogida de aguas pluviales.

Implantaremos un depósito de oxidación total (reciclaje de las aguas residuales, ahorro del 20%) de 1.500 L.



Figura 6.12 Depósito de 1.500 L.

En resumen, una familia de 4 personas consume diariamente aproximadamente 400 L/día. Mediante la recirculación de aguas conseguiremos ahorrar un 20% del consumo total, con la instalación de griferías eficientes un 6% y con la reutilización de aguas pluviales un 30%. Esto supone un ahorro de aproximadamente un 58% del total es decir, 232 L diarios.

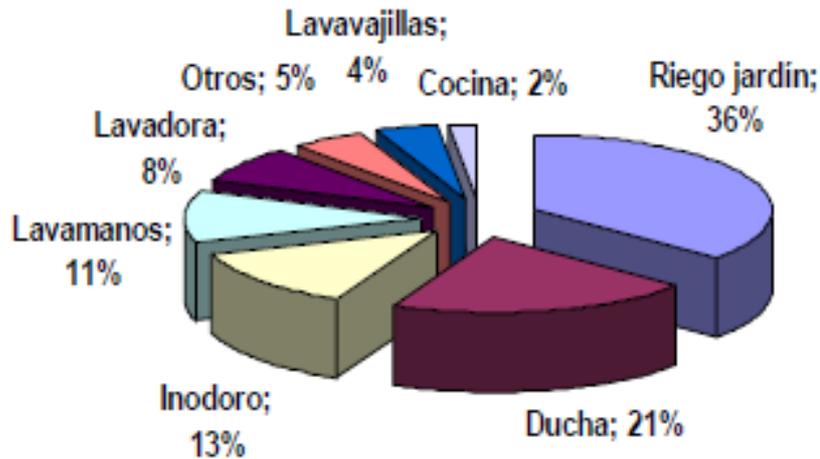


Figura 6.13 Consumo medio de agua en una vivienda unifamiliar en España.

6.12. Tecnologías para el autoabastecimiento.

Habiendo analizado las diferentes alternativas energéticas anteriormente propuestas se han realizado una serie de tablas comparativas para determinar varios aspectos sobre las mismas. Estas tablas están acompañadas de una explicación para su mayor comprensión y detalle sobre los aspectos a tratar. Dichos aspectos a tratar son:

- Tendencias según disponibilidad geográfica: comparativa de las alternativas por su disponibilidad en el territorio Español.
- Tendencias según el clima: comparativa según como afectan los diferentes climas (mediterráneo, continental, oceánico y subtropical) sobre las alternativas energéticas.
- Tendencias según el sector: comparativa diferenciando entre sector residencial (vivienda unifamiliar y bloque de viviendas) y sector terciario. Analizaremos qué alternativas son adecuadas para cada sector.
- Tendencias según el estado del edificio: comparativa según se trate de un edificio de obra nueva o una rehabilitación, se indicarán qué métodos pueden emplearse en cada caso y cuales suponen mayores dificultades para ello.
- Tendencias según el tipo de demanda: comparativa entre las alternativas según la capacidad para cubrir necesidades de calefacción y refrigeración, definiendo si requiere equipos adicionales para ello.

Debemos mencionar que hemos descartado directamente la energía eólica. Tras analizar el potencial eólico existente en la zona donde se localiza nuestra vivienda hemos llegado a la conclusión de que no es lo suficientemente elevado para realizar un aprovechamiento óptimo.

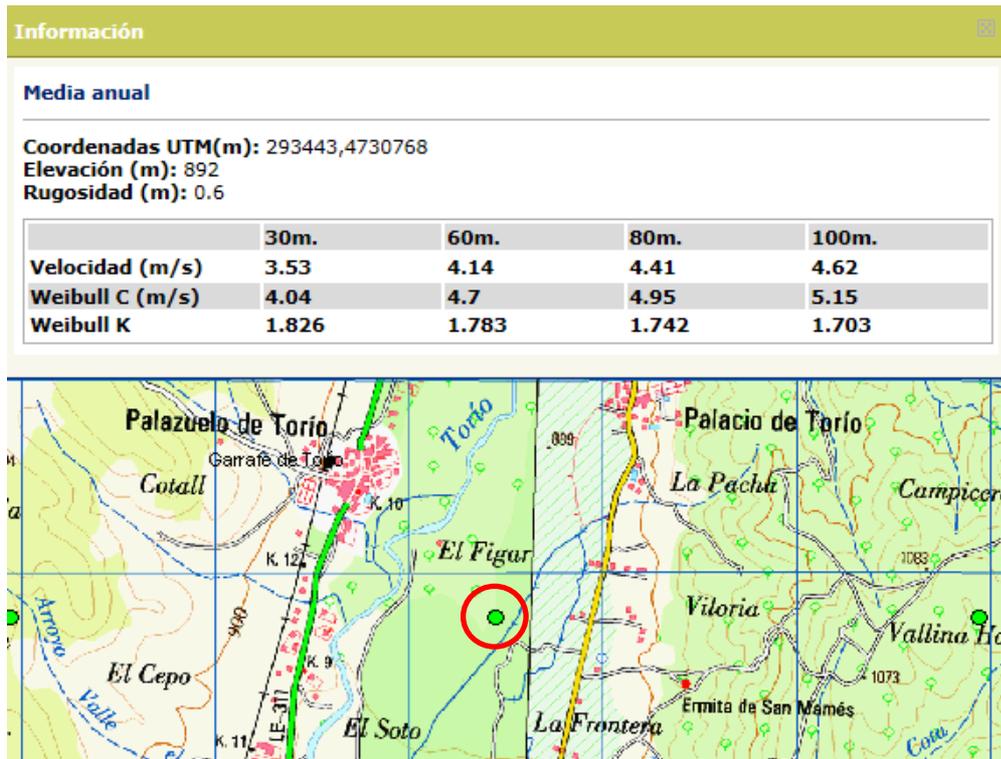


Figura 6.14 Velocidad media anual del viento en la zona señalada con un círculo, calculada a través de la web del Atlas Eólico de España.

Tabla 6.1 Tendencias según la disponibilidad por zonas geográficas.

GEOTERMIA DE MUY BAJA ENTALPÍA	Disponible en todo el territorio.
ENERGÍA SOLAR	Disponible en todo el territorio, irradiancia de mayor a menor desde el sur hacia el norte.
COGENERACIÓN	Disponible en todo el territorio mediante gas natural, gasoil o similar.

En primer lugar se sitúa la geotermia de muy baja entalpía, podría ser tanto en sondas geotérmicas, sondeos de captación de agua someros y cimientos geotérmicos. También se podrían incluir los colectores horizontales enterrados pero estos están influidos por el clima ya que se encuentran muy cerca de la superficie, por lo tanto no se dispone de una temperatura constante en todo momento.

La energía solar tanto para fines térmicos como eléctricos no es un recurso con una disponibilidad constante pero si abundante en gran parte de la península ibérica. En mayor o menor medida, se puede obtener aprovechamiento de las tecnologías que emplean esta energía. La zona sur, como Andalucía o Murcia son de las Comunidades Autónomas que disponen de mayor irradiancia a lo largo del año. En la zona norte, como

País Vasco o La Rioja, presentan los valores más bajos. Por último, podemos obtener un rendimiento elevado en la zona centro de la península.

La cogeneración es una fuente de energía constante, con el inconveniente de que depende de un combustible primario, como es el gas natural o el gasóleo.

Como podemos observar, disponemos en buena medida de todas estas tecnologías en el territorio Español. Dependiendo de la ubicación de la que dispongamos, puede resultar más factible emplear un tipo u otro de energía a la hora de seleccionar el tipo de instalación para nuestra vivienda.

6.12.2. Tendencias según el clima.

Tabla 6.2 Tendencias según el clima.

		MEDITERRANEO	CONTINENTAL	OCEÁNICO	SUBTROPICAL
SOLAR		✓ ✓ ✓	✓ ✓	✓	✓ ✓
GEOTERMIA	<i>Colectores horizontales</i>	✓ ✓ ✓	✓ ✓	✓	✓ ✓
	<i>enterrados</i>				
	<i>Resto de sistemas</i>				
COGENERACIÓN					

Las tecnologías que más dependen del clima son las que están alimentadas con energía solar, tanto para usos térmicos como eléctricos. El clima mediterráneo es muy adecuado para este tipo de instalaciones ya que se caracteriza por sus temperaturas suaves en invierno y muy elevadas en verano. Las zonas de este clima coinciden con los niveles de irradiancia global más elevados de la península.

Cuando se trata de clima continental, las instalaciones solares resultan recomendables ya que se podrá obtener un buen rendimiento, disponen de temperaturas bajas en invierno y muy altas en verano, con unos índices de irradiancia bastante elevados según qué zonas.

En cuanto al clima oceánico, las tendencias que emplean energía solar no son tan recomendables como en los dos casos anteriores ya que disponen de temperaturas suaves todo el año y precipitaciones frecuentes, acompañado de unos niveles de irradiancia poco elevados.

Con respecto al clima subtropical puede ser adecuado ya que tienen unas temperaturas suaves durante todo el año con escasas precipitaciones y una irradiancia aceptable en muchos casos.

Para el caso de las instalaciones mediante colectores horizontales enterrados, procedentes del campo de energía geotérmica, se aplicaran los mismos criterios explicados en referencia a la energía solar ya que estos sistemas se encuentran muy cerca de la superficie y están bastante influidos por la climatología de la zona donde se instalan.

En cuanto al resto de los sistemas geotérmicos y la cogeneración, no están influidos por el clima para poder obtener un rendimiento adecuado.

No obstante existen evidencias de que, aun en climas que disponen de menor cantidad de radiación solar, se obtienen beneficios aceptables, tanto en España como en otros países.

6.12.3. Tendencias según sector.

Tabla 6.3 Tendencias según el sector: residencial y terciario

		RESIDENCIAL		TERCIARIO
		UNIFAMILIAR	BLOQUE VIVIENDAS	
SOLAR	<i>Térmica</i>	✓	✓	✓
	<i>Fotovoltaica</i>	✓	✓	✓
GEOTERMIA	<i>Colectores horizontales enterrados</i>	✓	✗	✗
	<i>Sondas geotérmicas</i>	✓	✓	✓
	<i>Sondeos de captación de aguas someros</i>	✓	✓	✓
	<i>Cimientos geotérmicos</i>	✓	✓	✓
COGENERACIÓN	<i>Micro-cogeneración</i>	✓	✓	✓
	<i>Cogeneración a pequeña escala</i>	✗	✓	✓
	<i>Cogeneración</i>	✗	✗	✓

Los sistemas que emplean energía solar para fines térmicos y fotovoltaicos pueden adaptarse a las instalaciones en el sector residencial, tanto vivienda unifamiliar como bloque de viviendas, y en el sector terciario. Un aspecto importante de este tipo de tecnologías es que para poder abastecer las diferentes necesidades, en función del edificio, se requerirá de mayor o menor espacio para la colocación de los captadores solares. Este espacio en muchos casos deberá ser amplio, por ejemplo en el sector terciario (hoteles, hospitales o en bloques residenciales) con gran cantidad de viviendas.

En el caso de los métodos que emplean energía geotérmica se debe distinguir entre sistema de colectores horizontales enterrados y el resto. Los colectores horizontales enterrados son más adecuados para el uso en viviendas unifamiliares ya que requieren de una gran superficie según las necesidades. No sería adecuado para bloques de viviendas o edificios del sector terciario puesto que además se obtiene menor

rendimiento, especialmente en refrigeración. El resto de sistemas como sondas geotérmicas, sondeos de captación de aguas y cimientos geotérmicos son aptos para las diferentes tipologías. En el caso de sondas geotérmicas no requieren de grandes superficies pero dependerá de la demanda que se le exija para la cantidad de perforaciones necesarias. Y los cimientos geotérmicos aunque es posible instalarlos en cualquier caso, suelen emplearse en edificios de grandes dimensiones.

Las diferentes ramificaciones de la cogeneración pueden cubrir cualquier tipo de demanda. La micro-cogeneración puede emplearse para viviendas unifamiliares, bloques de viviendas y algunos edificios del sector terciario cuando no excedan de potencias mayores de 50 KW. La cogeneración a pequeña escala se emplea para potencias mayores, bloques con gran número de viviendas o edificios del sector terciario de un tamaño considerable, no superando 1 MW de potencia. Para el resto de edificios del sector terciario con requerimientos mayores, como puede ser un hospital de grandes dimensiones, se cubrirá la demanda mediante cogeneración.

En este punto se concluye que ya sea energía solar, geotermia o cogeneración, todas ellas pueden emplearse en ambos sectores a excepción de algunas puntualizaciones que se han comentado. Con una instalación adecuada se podrán utilizar en cualquier edificio del sector terciario y residencial.

6.12.4. Tendencias según el estado del edificio.

Tabla 6.4 Tendencias según el estado del edificio: nueva construcción o rehabilitación.

		NUEVA CONSTRUCCIÓN	REHABILITACIÓN
SOLAR	Térmica	✓	✓
	Fotovoltaica	✓	✓
GEOTERMIA	Colectores horizontales enterrados	✓	✓
	Sondas geotérmicas	✓	✓
	Sondeos de captación de agua someros	✓	✓
	Cimientos geotérmicos	✓	✗
COGENERACIÓN	Micro-cogeneración	✓	✓
	Cogeneración a pequeña escala	✓	✓
	Cogeneración	✓	✓

Prácticamente la totalidad de las tecnologías analizadas en este proyecto pueden ser adaptadas tanto en nueva construcción como en rehabilitación, aunque no en todas con la misma facilidad.

Los sistemas solares térmicos y fotovoltaicos pueden emplearse en nuevas construcciones y rehabilitaciones, en ambos casos se deberá prever de un espacio para la

colocación de los captadores solares, algo que nos puede resultar más complicado cuando se trate de una rehabilitación. Estos captadores podrán instalarse en las cubiertas de los edificios u otro lugar adecuado para ello.

Dentro de las diferentes tecnologías que se basan en la geotermia se debe diferenciar entre colectores horizontales enterrados, sondas geotérmicas y sondeos de captación de agua someros y cimientos geotérmicos. En primer lugar, los colectores horizontales enterrados pueden ser empleados tanto en obra nueva como en rehabilitaciones, pero será necesario disponer de una cantidad considerable de terreno para la disposición de dichos colectores. Este espacio podrá oscilar entre 1,5 a 3 veces la superficie a climatizar según las condiciones del edificio. Por otro lado las sondas geotérmicas y los sondeos de captación de agua someros pueden adaptarse en caso de rehabilitación sin necesidad de grandes espacios pues solo varía la cantidad de perforaciones según la potencia necesaria. Por último, los cimientos geotérmicos no serán aptos para el caso de rehabilitaciones ya que la instalación debe introducirse en el interior de las cimentaciones y en ese caso ya están ejecutadas.

En el caso de la micro-cogeneración, cogeneración a pequeña escala y cogeneración pueden ser instalados tanto en nueva construcción como rehabilitación, no requieren de un gran espacio y solo necesitará de un suministro de combustible de manera continua.

Se puede determinar que la más viable en el caso de la rehabilitación es la cogeneración, debido a su moderada necesidad de espacio. Las instalaciones solares o geotérmicas pueden resultar más dificultosas por su necesidad de espacio de ocupación o por la maquinaria necesaria para su ejecución.

Para nueva construcción, todas las tendencias pueden ser aplicadas. Según el edificio, se deberán hacer las previsiones necesarias para ello.

6.12.5. Tendencias según el tipo de demanda.

Tabla 6.5 Tendencias según el tipo de demanda: calefacción refrigeración o ambas.

		CALEFACCIÓN	REFRIGERACIÓN	AMBAS
SOLAR	Térmica	✓	✓	✓
	Fotovoltaica	✓	✓	✓
GEOTERMIA	Colectores horizontales enterrados	✓	✓	✓
	Sondas geotérmicas	✓	✓	✓
	Sondeos de captación de agua someros	✓	✓	✓
	Cimientos geotérmicos	✓	✓	✓

COGENERACIÓN	Micro-cogeneración			
	Cogeneración a pequeña escala			
	Cogeneración			

Casi la totalidad de las tecnologías estudiadas en este trabajo pueden cubrir las necesidades tanto de calefacción como de refrigeración, pero algunas requerirán de un sistema adicional. Estos sistemas que se requieren son los ya mencionados en el apartado 5.1.4.3 del presente proyecto, los que se encargan de generar frío a partir de calor, como las máquinas de absorción o adsorción.

Las instalaciones solares térmicas son capaces de servir de apoyo para calefacción y también para refrigeración. Para cubrir las necesidades de refrigeración será necesario un sistema de absorción/adsorción.

Los diferentes métodos que se basan en la geotermia para satisfacer las necesidades de climatización serán capaces de funcionar como calefacción y refrigeración a través de bomba de calor geotérmica.

En el caso de los sistemas de cogeneración, son capaces de aportar calor para la calefacción y refrigeración mediante el apoyo de una máquina de absorción/adsorción.

En todas estas tendencias estudiadas hay instalaciones que pueden proporcionar calefacción, refrigeración y ambas. Muchas de estas requieren de un sistema de apoyo para refrigerar, algo a tener en cuenta ya que este tipo de máquinas tienen un coste elevado.

De esta manera se concluye el análisis de las diferentes alternativas de climatización eficiente para un edificio en concreto. En función de las características de la construcción que se vaya a realizar, podremos indicar cuál nos resulta más adecuada.

No debemos de olvidar que para todas estas tecnologías es recomendable el uso de un sistema radiante debido a que la temperatura necesaria de funcionamiento es muy inferior a la necesaria en una instalación con radiadores.

6.12.6. Tecnología seleccionada.

Tras analizar las diferentes alternativas energéticas y las tablas comparativas, la opción más viable es la micro-cogeneración. Esta tecnología es apropiada para la climatología y localización seleccionada, puesto que no depende del clima y está disponible en todo el territorio español. Al tratarse de una vivienda unifamiliar de nueva construcción, el único punto a tener en cuenta, es la disposición de suministro de combustible continuado, por lo que será necesario disponer de un depósito en el exterior de la vivienda.

La vivienda precisa de una demanda tanto en calefacción como en refrigeración, por lo que necesitaremos el apoyo de una máquina de absorción/adsorción. Debido a que la radiación durante los meses de verano es máxima, llevaremos a cabo la instalación de colectores termosolares. Así conseguiremos disminuir las emisiones de CO₂.

Para la climatización de la vivienda se instalará suelo radiante, ya que, al tratarse de una vivienda modular de paneles autoportantes, será imposible llevar a cabo la instalación tanto del muro como del techo radiante. El zócalo radiante tampoco es recomendable puesto que nos limita el espacio útil de la vivienda.

Una de las posibles metas de futuro para este tipo de construcción, es la exportación a nivel global. Es por esto que la trigeneración es la tecnología idónea a instalar puesto que no depende de la localización geográfica ni de la climatología de la misma. Además nos permite reducir el consumo proveniente de la red eléctrica. Al no tratarse de una instalación tan compleja a nivel estructural (todo lo contrario a la geotermia), disminuirá los costes de obra civil.

ANEXO I: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS PANELES.

Panel Modular

El panel modular está ideado especialmente como solución para construcciones prefabricadas, así como para establecer divisiones interiores.

Sus características funcionales, basadas en el diseño de su Junta machihembrada, le permiten un montaje rápido e igualmente su desmontaje y la total recuperabilidad de materiales.

El panel modular es autoportante, acoplándose a todo tipo de carpintería de puertas y ventanas.

Las chapas exterior e interior pueden tener distintos acabados, liso (L), grecada de ancho 25 mm (G), o grecada de ancho 50 mm (P).

En función de que acabados se elijan el panel modular tendrá un nombre u otro.

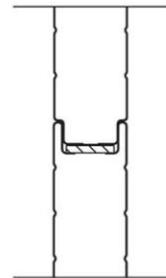
Modular LL: Modular con ambas caras lisas.

Modular LG 25: Modular con una cara lisa y otra grecada de 25 mm.

Modular LP 50: Modular con una cara lisa y otra grecada de 50 mm.

Modular GG 25: Modular con ambas caras grecadas de 25 mm.

Modular PP 50: Modular con ambas caras grecadas de 50 mm.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

AISLAMIENTO ACUSTICO	
Frecuencia Hz	Aislamiento dB
125	19
250	24
500	25
1000	27
2000	34
4000	46

Esesor nominal (mm.) E	Peso Kg/m ² P	Volumen Empaquetado m ² /m ³
40	10,1	25

AISLAMIENTO TERMICO		
E	Kcal/m ² h °C	W/m ² K
40	0,53	0,62

SOBRECARGAS DE USO F=L/200						
E \ L	1,5	2	2,5	3	3,5	4
40	235	190	145	100	60	40

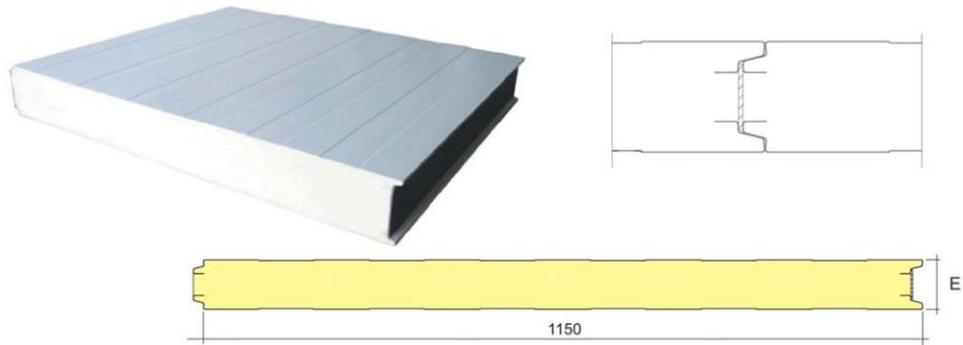
Panel Frigorífico

El Panel Frigorífico de ArcelorMittal es una solución aislante que se utiliza como cerramiento de cámaras frigoríficas, naves frigoríficas y compartimentación de locales que precisen mantener un determinado régimen de temperatura de trabajo.

Para el desarrollo de este producto, Arcelor Mittal ha tenido en cuenta dos premisas fundamentales: conseguir que el aislamiento sea continuo en toda la cámara, así como facilitar las operaciones de montaje.

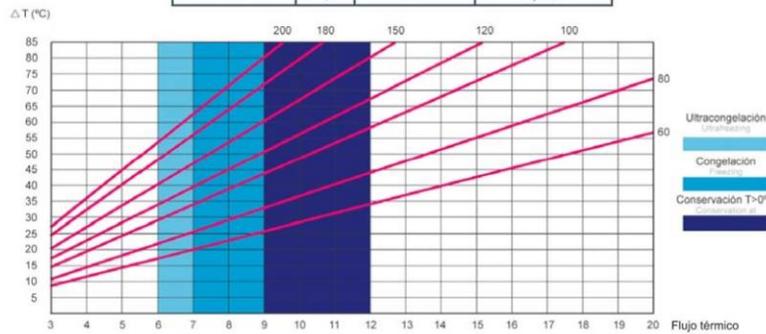
De esta manera el Panel Frigorífico, reúne una serie de características y cualidades que lo sitúan a la vanguardia de este sector de cerramientos:

- La solución de junta machihembrada posibilita sencillez y rapidez de montaje consiguiendo además una excelente solidez de la unión y perfecta estanqueidad de la misma, permitiendo además su instalación en vertical u horizontal.
- Gran capacidad autoportante, que posibilita prescindir de una estructura auxiliar en la mayoría de los casos.
- La utilización de poliuretano como núcleo del panel, aporta entre otras, las inmejorables características de aislamiento y resistencia al agua, y proporciona una elevada rigidez al conjunto.
- Ahorro de tiempo durante el montaje al ser un sistema de fácil ensamblado y que no precisa anclajes intermedios.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Espesor nominal (mm.) E	Peso Kg/m ² P	Volumen Empaquetado m ² /m ³	Aislamiento Térmico W/m ² K
60	10,9	16	0,350
80	11,6	12	0,270
100	12,4	10	0,205
120	13,1	8	0,178
150	14,3	7	0,150
180	15,4	6	0,125
200	16,2	5	0,112

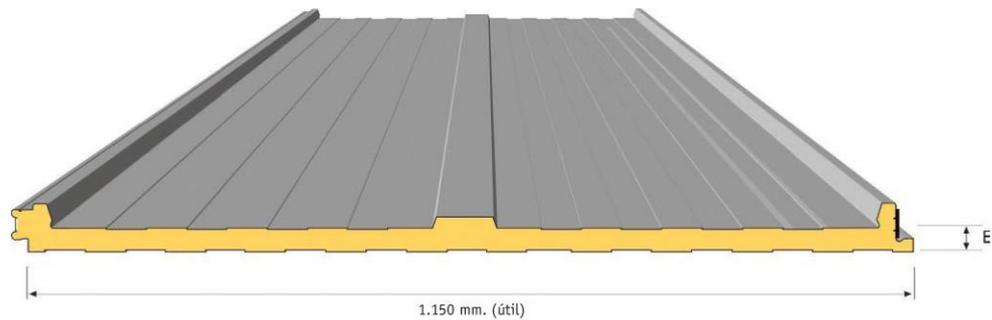


SOBRECARGAS DE USO F=L/200 BIAPOYADO																
E\ L	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
60	205	135	100	70	50											
80	266	186	135	99	76	57										
100	338	235	186	156	123	101	82	68	56							
120	371	300	236	196	156	125	100	80	66	55						
150		430	327	256	205	166	138	115	94	78	65	55				
180			365	305	245	212	177	150	122	101	85	72	61	52		
200			389	339	282	235	204	174	144	119	101	87	74	64	58	

Arval
by ArcelorMittal

Soluciones de cubiertas Ondatherm 1150 C

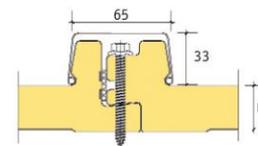
Gama ONDATHERM



Condiciones de uso

Ondatherm 1150 es un panel de cubierta para pendientes mínimas del 5%. Fijación oculta mediante tapajuntas para facilitar el montaje y desmontaje. La chapa exterior es de 0,6 mm de espesor con el fin de mejorar la resistencia del panel a las acciones climáticas (viento y nieve), el solape y el amarre de los remates debido a que mejora el atornillado y el tránsito durante la fase de instalación y posterior mantenimiento. La chapa interior es de 0,4 mm de espesor, con lo que mantenemos el mismo peso, incrementando su resistencia. Disponibilidad de traslúcidos en policarbonato (tipo Danpalón) y poliéster doble capa.

MATERIAL BASE		NORMATIVA
Espesor de acero	0,6 (ext.)/ 0,4 (int)	EN 10143
Tipo de protección	Galvanizado	EN 10346
	Galvanizado-Prelacado	EN 10169
Clasificación fuego	B s2 d0 bajo pedido	EN 13501-1
Espesor panel	30/40/50/80 mm	
Prelacado	Matiz colorissime	

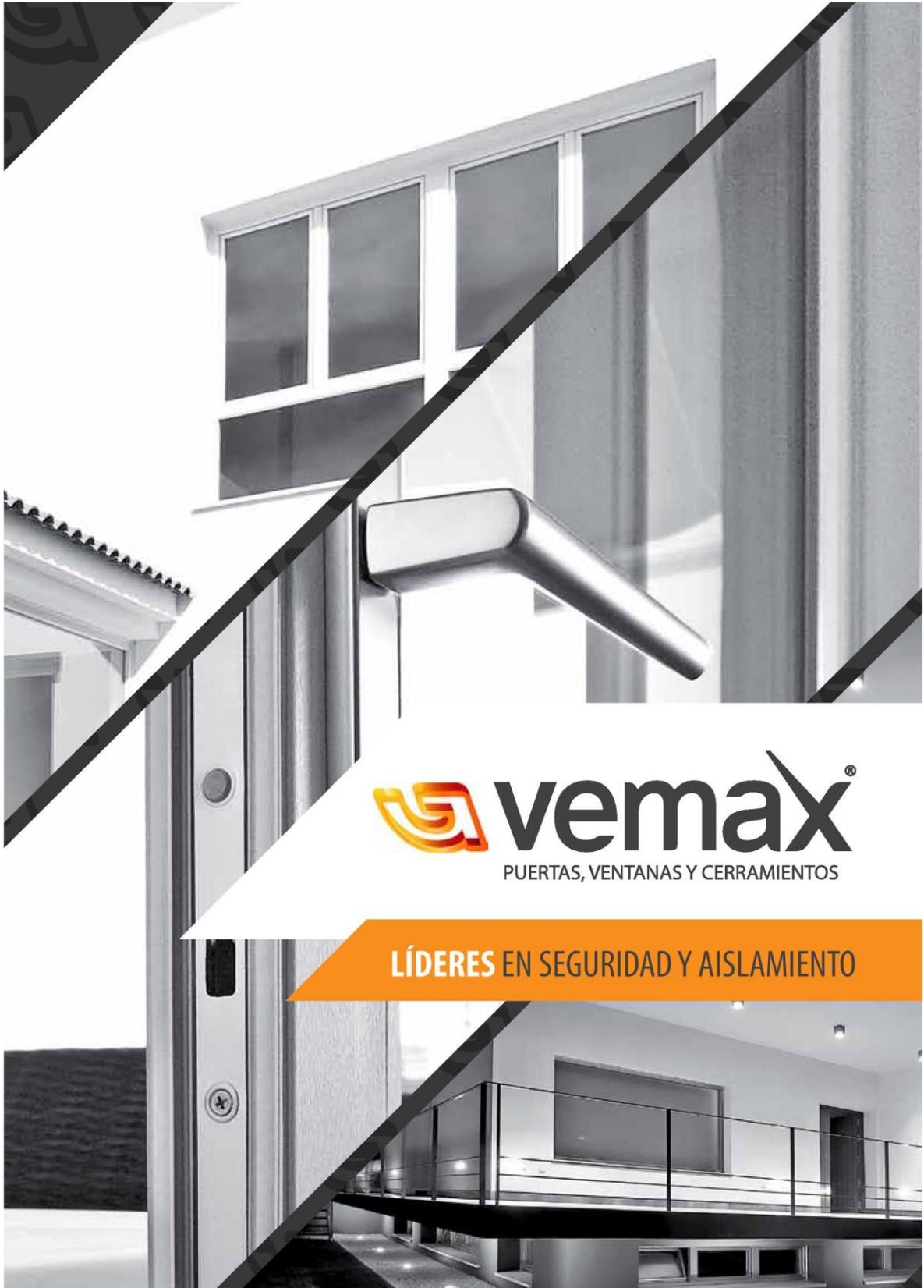


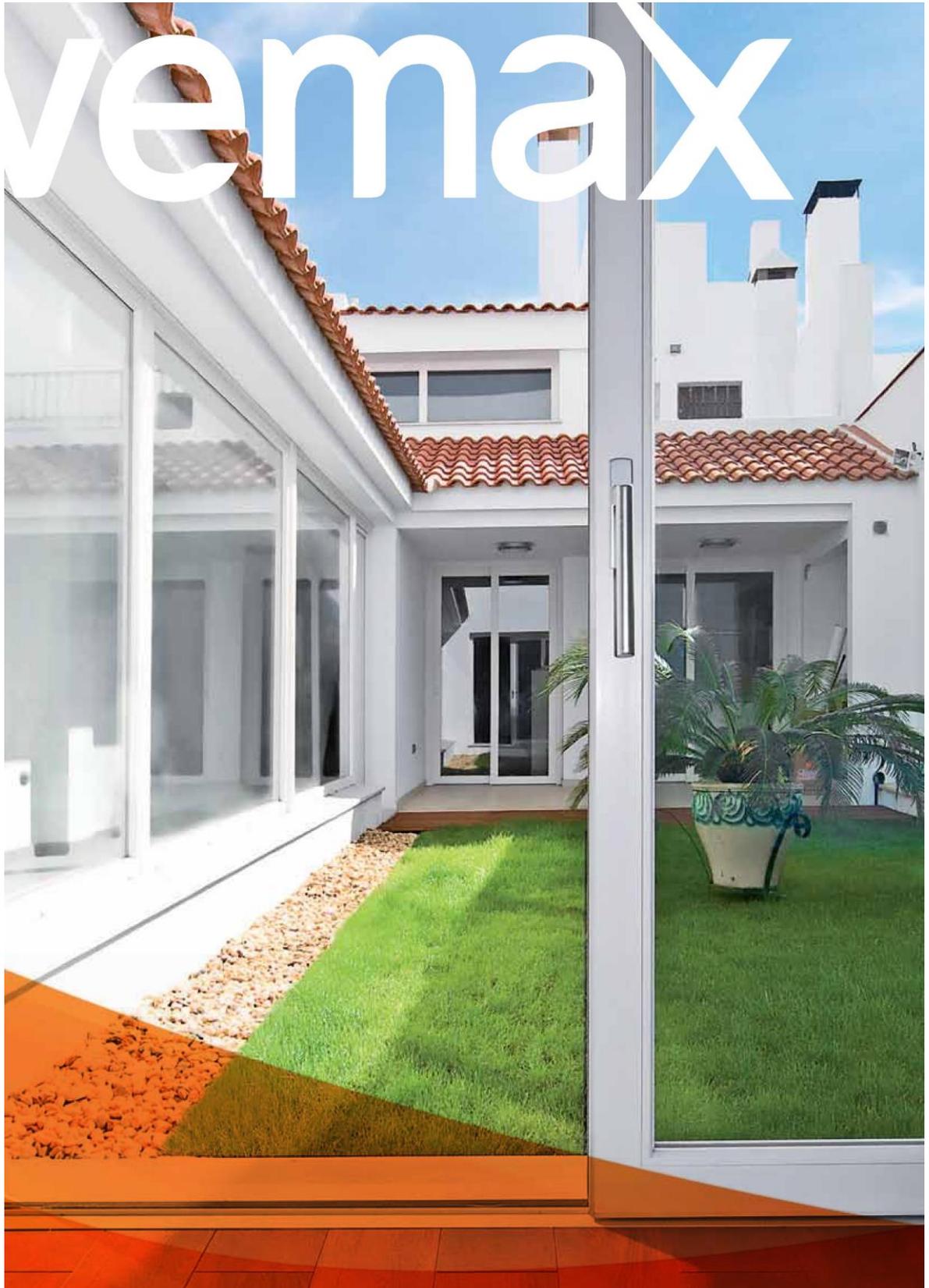
Longitud máxima limitada por transporte. Máximo 15 metros

DATOS TÉCNICOS			
ESPELOR NOMINAL mm	TÉRMICO W/m ² K	MASA Kg/m ²	VOLUMEN EMPAQUETADO m ² /m ³
30	0,68	10,0	22
40	0,53	10,5	18
50	0,43	11,0	15
80	0,27	12,5	10

TABLA DE UTILIZACIÓN		LUCES EN METROS					
SOPORTE	Espesor (mm)	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
 3 APOYOS	30	230	190	140	90		
	40	260	220	170	115	75	53
	50	290	250	190	135	95	75
	80	420	380	300	240	190	147

ANEXO II: CATÁLOGO VEMAX.







vemax[®]

VEMAX es la empresa líder en el sector de las puertas, ventanas y cerramientos. Todos nuestros productos son, sin duda, los mejores del sector, **25 años de experiencia** y los principales certificados de calidad así lo avalan.

Un increíble producto, único en su sector que le ofrece la constancia de un asesoramiento técnico-comercial que hace posible un montaje perfecto y sin necesidad de obras, con un equipo humano orientado hacia las necesidades del cliente. Nuestras máximas son la humildad, solidez, experiencia y confianza como base de nuestro trabajo diario en VEMAX. Nuestros productos no sólo compiten desde el punto de vista cualitativo sino también estético. Puertas, ventanas y cerramientos aportan exclusividad al estilo arquitectónico.

Los incomparables valores de aislamiento térmico y acústico de nuestros productos superan los estándares de calidad exigidos, haciendo de ellos un producto único en el mercado.

En VEMAX somos especialistas en seguridad.



Servicio **eco-sostenible**



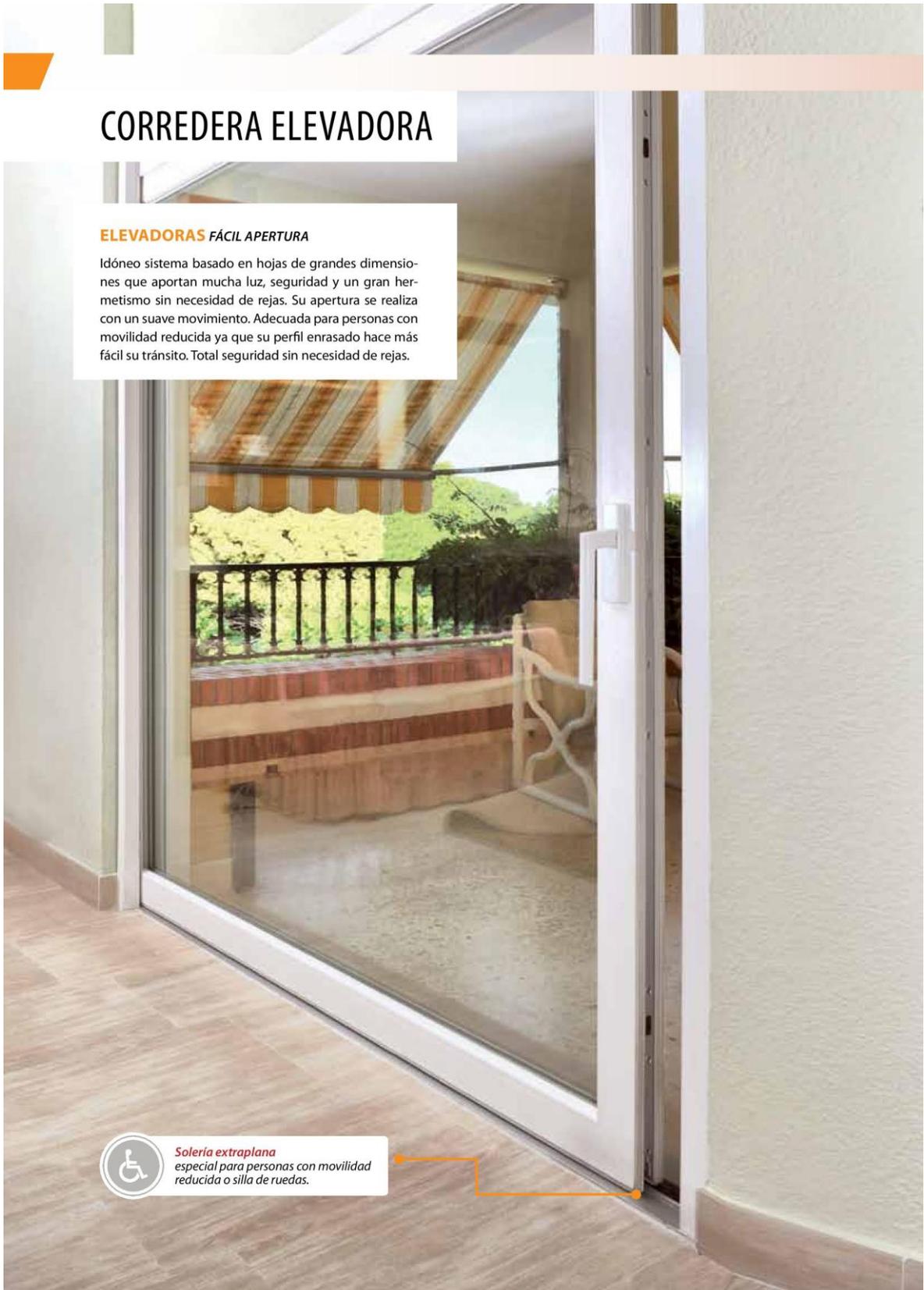
CORREDERA ELEVADORA

ELEVADORAS FÁCIL APERTURA

Idóneo sistema basado en hojas de grandes dimensiones que aportan mucha luz, seguridad y un gran hermetismo sin necesidad de rejillas. Su apertura se realiza con un suave movimiento. Adecuada para personas con movilidad reducida ya que su perfil enrasado hace más fácil su tránsito. Total seguridad sin necesidad de rejillas.



Solería extraplana
especial para personas con movilidad reducida o silla de ruedas.





PVC ALUMINIO

La resistencia del PVC y la del aluminio aportan distinción ampliando las posibilidades de estilos decorativos y proporcionando además una cámara adicional de aislamiento.

ALUMINIO

Si su necesidad reside en hojas de mayores dimensiones a las más comunes con perfiles estrechos, con el aluminio obtendrá todo lo que desea y además contará con una gran variedad de colores a elegir para mantener la armonía arquitectónica.

PVC

Este producto conocido por su alto nivel de aislamiento ofrece además una fácil apertura tras un suave movimiento.

VALORES DE AISLAMIENTO TÉRMICO SEGÚN "EN ISO 10077-1:2006"

Vidrio U _g [W/m ² K]	Puerta corredera elevadora U _e [W/m ² K] con varilla distancial con aislamiento térmico
0,6	0,92
0,7	0,99
0,8	1,1
0,9	1,2
1,1	1,3



MADERA ALUMINIO

Dos materiales esenciales para conseguir una gran resistencia al tiempo, aluminio en el exterior aportando mayor luminosidad por sus perfiles estrechos y madera en el interior para ganar confort, consiguiendo una puerta corredera elevadora de fácil manejo.

PVC MADERA

Cuando necesita seguridad y confort no hay nada mejor que escoger este producto. Madera es salud y por eso tenemos un amplio abanico de tipos de madera natural para el interior, mientras que para el exterior el PVC es siempre su mejor aliado.

PUERTAS Y VENTANAS

ALUMINIO EL MEJOR ALUMINIO

Diseño atemporal para sus ventanas de aluminio. Gane en elegancia con la estructura de perfiles estrechos con grandes vidrios con hoja oculta y perfiles de rotura de puente térmico, de fácil limpieza y mayores dimensiones.



VALORES DE AISLAMIENTO TÉRMICO SEGÚN "EN ISO 10077-1:2006" (HOJA OCULTA)

U_g [W/m ² K]	U_w [W/m ² K] sin aislamiento interior en marco UF 1,8 [W/m ² K]	U_w [W/m ² K] con aislamiento interior en marco UF 1,6 [W/m ² K]
1,1	1,4	1,4
0,8	1,2	1,1
0,7	1,1	1,0

VALORES DE AISLAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO: UW SEGÚN "EN ISO 12567-1"; RW SEGÚN "EN ISO 717-1" (PARA HOJA CON VENECIANA INTERIOR)

Vidrio hoja interior	Vidrio hoja exterior	U_w [W/m ² K]	R_w [dB]
4-20-4	6 mm	1,2	42
P2A-16-4	6 mm	1,2	46



HOJA STANDARD
Marco y hoja de 78 mls. Grandes valores de aislamiento



HOJA OCULTA
Perfiles estrechos que dotan de una mayor luz a la estancia.



CATÁLOGO DE COLOR
Este material dispone de una amplia variedad de tonalidades.

VALORES DE AISLAMIENTO TÉRMICO SEGÚN "EN ISO 10077-1:2006"

U_g [W/m ² K]	U_w [W/m ² K]
1,1	1,5
0,8	1,3
0,7	1,2
0,6	1,2



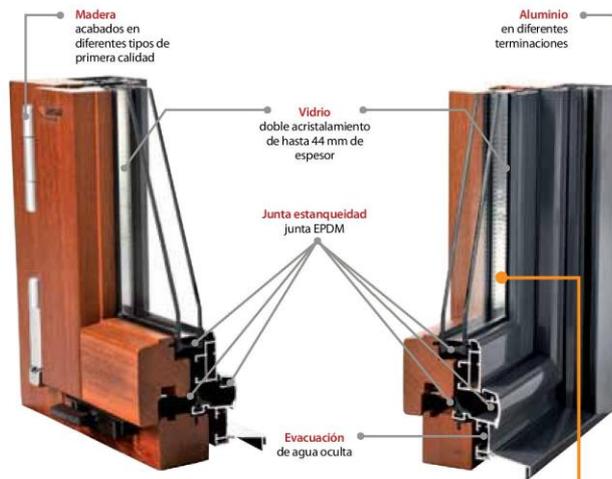
MADERA ALUMINIO. CALIDEZ

Resistencia y calidez. Aluminio exterior que otorga esa estética vanguardista mientras que el interior de madera es un placer clásico. Una combinación ornamental perfecta que no necesita mantenimiento y que mejora la estética al no usar junquillos.



CATÁLOGO DE COLOR

Este material dispone de una amplia variedad de tonalidades.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Acristalamiento estándar 44 mm 4/16 Ag/4 / 16 Ag/4 de ug = 0,7 W/(m2.k).

Carpintería ideal para casas Bioclimáticas (pasiva) y estructura de madera (BBC + BEPOS)

Aislamiento térmico de hasta $U_w = 0,9w/(m2.K)$

PUERTAS Y VENTANAS

PVC CALIDAD A MEDIDA

La necesidad de hacer de este un mundo que proteja el medio ambiente y el ahorro energético hacen del PVC el material perfecto para sus ventanas. En VEMAX ofrecemos los máximos valores de hermetismo, durabilidad en zonas costeras, aislamiento acústico, ahorro energético, calidad y confort.



VALORES DE AISLAMIENTO ACÚSTICO

Hasta 45 dB, según variante de vidrio

VALORES DE AISLAMIENTO TÉRMICO SEGÚN "EN ISO 10077-1:2006"

U_g [W/m ² K]	U_w [W/m ² K] con varilla distancial con aislamiento térmico
1,1	1,2
0,9	1,1
0,8	1,0
0,7	0,95
0,6	0,88



STANDARD

Junta central con 7 cámaras y varilla distancial del color de la carpintería.



HOJA OCULTA

Perfiles estrechos que dotan de una mayor luz a la estancia.



MUESTRAS DE COLOR

Este material dispone de una amplia variedad de tonalidades.



MARCO ANCHO

Con 124 mm. de profundidad ofrece grandes ventajas y posibilidades.



PVC - ALUMINIO UNA APUESTA SEGURA

Si lo que desea es hermetismo y estanqueidad, su opción es esta. El aluminio, un material duradero y customizable a sus necesidades decorativas, y el PVC con alta capacidad de aislamiento acústico y térmico.



HOJA PVC-ALUMINIO

La superficie exterior de aluminio ofrece una cámara de aislamiento.



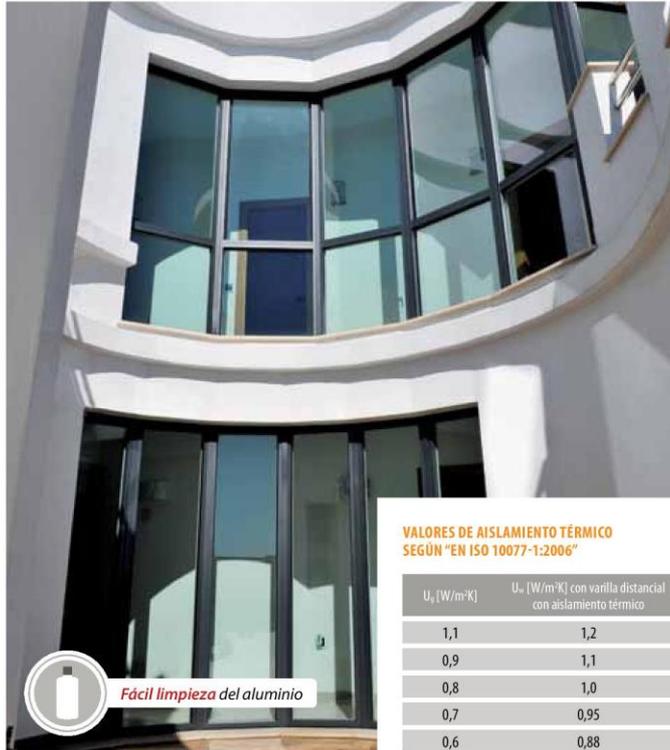
HOJA PVC-ALUMINIO

El interior de PVC optimiza los valores de aislamiento.



HOJA OCULTA

Perfiles estrechos que dotan de una mayor luz a la estancia.



Fácil limpieza del aluminio

VALORES DE AISLAMIENTO TÉRMICO SEGÚN "EN ISO 10077-1:2006"

U_g [W/m ² K]	U_w [W/m ² K] con vanilla distancial con aislamiento térmico
1,1	1,2
0,9	1,1
0,8	1,0
0,7	0,95
0,6	0,88

PUERTAS Y VENTANAS

PVC - MADERA CONFORT PARA SU HOGAR

Cuando conseguir un ambiente hogareño, hermético, natural, agradable, resistente al tiempo y a la climatología es tan fácil como instalar una de estas resistentes ventanas de PVC y madera maciza.



STANDARD Y REVESTIMIENTO DE ALUMINIO (VALOR AISLAMIENTO TÉRMICO MARCO U, 1,1 W/M²K)

U _e [W/m ² K]	U _w [W/m ² K]
0,6	0,84
0,7	0,92
0,8	0,99
0,9	1,1

U_e según UNI EN 673 / U_w según UNI EN ISO 1007-1:2006

HOJA OCULTA Y HOJA OCULTA CON REVESTIMIENTO DE ALUMINIO (VALOR AISLAMIENTO TÉRMICO MARCO U, 1,2 W/M²K)

U _e [W/m ² K]	U _w [W/m ² K]
0,7	0,94
0,8	1,0
0,9	1,1

U_e según UNI EN 673 / U_w según UNI EN ISO 1007-1:2006

AISLAMIENTO ACÚSTICO

Hasta 45 dB



El lado exterior y la zona funcional se componen de perfiles de PVC resistentes a la intemperie.



Lado exterior con revestimiento de aluminio con diferentes variantes de color.



El interior es de madera maciza con diferentes tonalidades.



MUESTRAS DE COLOR

Este material dispone de una amplia variedad de tonalidades.

COMODIDAD Y SEGURIDAD MÁXIMA

vemaxi

CORREDERA PARALELA

OSCILOPARALELA HERMETISMO

Con un sistema exclusivo de herrajes, la corredera paralela presenta una recogida suave y cómoda, desplazando ligeramente el plano de la ventana hacia el interior. Al cerrar, se vuelve a desplazar hacia el exterior quedando en posición cerrada perfectamente alineada con la hoja fija.



Disponible en todos los materiales:
Aluminio, PVC, Madera-Aluminio,
PVC - Aluminio y PVC - Madera.

**FÁCIL APERTURA**

Su hoja ligera se abre accionando la manilla, deslizando por ralles paralelos y alejándose así del marco. Sus cierres perimetrales aseguran la estructura. Además, la versión abatible es de serie, así como los cierres de seguridad.

**ESTANQUEIDAD Y HERMETISMO**

Su coste en mantenimiento va a ser nulo debido a la resistencia del material. Estas puertas correderas paralelas separan espacios habitables con sobresaliente nivel de hermetismo y estanqueidad.



PUERTAS DE ENTRADA

LA ENTRADA TARJETA DE VISITA DE SU CASA

VEMAX le ofrece un producto diferente, seguro y estético de un nivel que no encontrará en el mercado. Las puertas se adaptan al estilo, gusto y necesidad del cliente más exigente, dotándola de personalidad y carácter.



Disponble con mando a distancia
Apertura y cierre de la puerta principal mediante control remoto.



CORTAVIENTO

La solera cortaviento oculta impide que una vez cerrada la puerta se introduzcan materiales o aire por debajo de la misma.



BOMBÍN ENRASADO

Dota de mayor estética y seguridad a nuestras puertas. Su fabricación de acero endurecido impide la perforación forzada de la cerradura.



CADENILLA OCULTA.

Dotada con elementos de retención invisibles como la cadenilla oculta que facilita la ventilación con total seguridad.



BISAGRAS OCULTAS.

Mejora la estética de la puerta en posición cerrada.



PVC - ALUMINIO
MÁXIMO AISLAMIENTO

Mantén el estilo de tu hogar con paneles y elegantes decoraciones en aluminio.



ALUMINIO
DISEÑO Y SEGURIDAD

Perfectas para adaptarse a tu diseño, son de gran resistencia y seguridad.



PVC
ELEGANCIA

Su aislamiento y estanqueidad máxima aseguran una entrada elegante.



MADERA - ALUMINIO
INNOVACIÓN

Clásico y nuevo, material natural y sin necesidad de mantenimiento.

TODOS LOS ESTILOS

vemax

PROTECCIÓN SOLAR

PERSIANAS PROTECCIÓN SOLAR GRADO I

Disponibles en PVC y aluminio con lamas de alta densidad para un mejor aislamiento y seguridad.



MALLORQUINAS LO TRADICIONAL CAUTIVA

Personalizables con lamas fijas u orientables manteniendo el estilo tradicional de las mallorquinas.



PORTICONES ESTILO CLÁSICO

De estilo rústico, está disponible en diferentes superficies y colores.



RAFFSTORES LO MÁS INNOVADOR

Lamas de aluminio graduables totalmente automatizadas. Carácter moderno e innovador.



VENECIANAS VERSATILIDAD

Se pueden instalar por el exterior o por el interior de la cámara de vidrio, pueden ser de apertura manual o automática.

PACKS DE SEGURIDAD

MEDIDAS CONTRA EL ROBO

El mejor remedio para evitar situaciones traumáticas es aumentar el nivel de seguridad.

La sensación de pérdida de seguridad o las secuelas psicológicas que pueden aparecer tras un robo o intrusión, son a menudo más graves que los daños materiales.



NUESTROS PAQUETES DE SEGURIDAD.

Dotar de esperanza y tranquilidad a su hábitat es tan fácil como incorporar uno de nuestros paquetes de seguridad. La mayoría de los robos ocasionales son evitables, incluso el factor tiempo cobra una gran relevancia en este tipo de acciones. A mayor resistencia menor posibilidad de éxito en la fechoría. VEMAX ofrece con su programa "V" sistemas para protección efectiva antirobo.

Cierres de seguridad contra el levantamiento y vidrios de seguridad contra rotura son esenciales en las medidas básicas de seguridad. Estos últimos además, aumentan el aislamiento térmico y acústico.

CERTIFICADO DE REVISIÓN

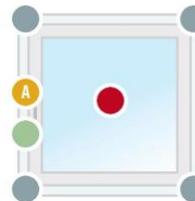
Las clases de seguridad V1 y v2 corresponden a la clasificación Wk1 y Wk2



VEMAX basic

CIERRE DE 2 PUNTOS

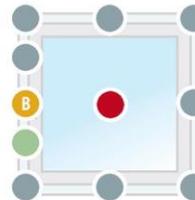
Protección efectiva ante ladrones ocasionales.



VEMAX V¹

CIERRE DE 4 PUNTOS

Clase revisada de seguridad WK 1 según la norma de revisión ENV 1627 para ventanas y puertas de una y dos hojas.



VEMAX V²

CIERRE MÚLTIPLE

Clase revisada de seguridad WK 2 según la norma de revisión ENV 1627 para ventanas y puertas de una y dos hojas.






CIERRE DE SEGURIDAD

Los bulones rotativos de acero endurecido refuerzan la seguridad ya que bloquean y entran en el herraje de acero atornillado al refuerzo del marco.




ANTI PERFORACIÓN

Impide cualquier perforación exterior. Es una protección de acero endurecido que asegura la imposibilidad de manipulación del entorno de la manilla.



ELEVADOR DE HOJA

Da apoyo a la hoja y la coloca en la posición correcta. Así se garantiza una larga vida útil de la ventana sin desgastes y se eliminan los trabajos de reajuste costosos



MANILLA CON BOTÓN Y MANILLA CON CERRADURA

Se puede bloquear su manejo bien apretando un simple botón en el caso de la manilla de botón o bien en el caso de manilla de cerradura con una llave.




VIDRIO COMBINADO DE SEGURIDAD

Altamente resistente, en caso de rotura del vidrio consigue unir fragmentos y dificulta su rotura impidiendo así cualquier tipo de lesión o intrusión ilegal.




INFORMACIÓN ADICIONAL EN RELACIÓN CON LOS EQUIPAMIENTOS DE SEGURIDAD VEMAX "V"



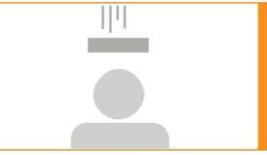
PROTECCIÓN TÉRMICA

Los vidrios VEMAX especiales ofrecen un aislamiento térmico y un considerable ahorro ya que en invierno reducirá sus costes de calefacción y en verano mantendrá aclimatado el espacio.



PROTECCIÓN ACÚSTICA

La impermeabilidad acústica es importante para ganar en tranquilidad. Este material que incorpora a sus cerramientos y demás superficies está confeccionado para mejorar los valores de aislamiento acústico.



PROTECCIÓN ANTE LESIONES

Pensando en la seguridad y en los accidentes domésticos, la composición del vidrio de seguridad VEMAX no sólo evita roturas de vidrio sino que ofrece una protección eficaz ante posibles lesiones o caídas.

MARCANDO DIFERENCIAS

DISEÑAMOS Y TRABAJAMOS A LA MEDIDA DE SU CASA

Los pequeños detalles son los que marcan la diferencia, por eso en VEMAX cuidamos mucho nuestra atención dirigida a las necesidades del cliente y a cualquier tipo de arquitectura o diseño, garantizando un montaje perfecto.



DETALLES SEGÚN ESTILO



CUARTERONES



AMPLIA GAMA DE MANILLAS



VENECIANA INTERIOR



AMPLIA GAMA DE TIRADORES





DOMÓTICA

HACIÉNDOTE LA VIDA MÁS FÁCIL.

La irrupción de la domótica en la vida hogareña contribuye a mejorar su calidad de vida. Controlar las persianas o venecianas es posible ya gracias a una central domótica, un mando a distancia o control remoto. Las ventajas del control remoto del sistema por su parte permiten que nuestro hogar adquiera la apariencia de habitado durante nuestras vacaciones



CÓNTACTO MAGNÉTICO

Puedes controlar la apertura y cierre de puertas y ventanas desde tu teléfono móvil



MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS

Un uso responsable de los recursos de hoy asegura la calidad de vida del mañana.

Una importante reducción del consumo de energía en la calefacción y refrigeración del edificio baja las emisiones de CO₂ y protege los recursos disponibles.

El pasado y el presente han demostrado que el PVC es un material irrenunciable. El continuo desarrollo de compatibilidad con el medio ambiente, los grandes progresos en reciclaje, las ventajas en la comparación ecológica, el ahorro de importantes recursos y la durabilidad garantizan también para el futuro una aceptable utilización del PVC. Las ventanas de PVC son reutilizables.

INSTALACIÓN

EL ASESORAMIENTO MÁS PROFESIONAL

Desde VEMAX ofrecemos no sólo un producto sino la solución a las necesidades del cliente, con un asesoramiento profesional capaz de aportar la solución óptima donde otros sólo se limitan a poner una ventana cualquiera.



LOGÍSTICA VEMAX

Nuestra obsesión por el cuidado al detalle se traslada también en el transporte y carga del material, realizado mediante puente grúa para evitar así el manipulado manual al mínimo y evitando desperfectos que se pudieran ocasionar.





INSTALACIÓN SIN NECESIDAD DE ALBAÑILERÍA

La instalación de nuestras puertas, ventanas y cerramientos no requiere de albañilería, así se evitan incomodidades y preocupaciones a nuestros clientes.



MÁXIMA LIMPIEZA

Protegemos el entorno antes de realizar nuestro trabajo, evitando el deterioro de zonas adyacentes a la instalación de puertas, ventanas o cerramientos, con una máxima limpieza en su ejecución.

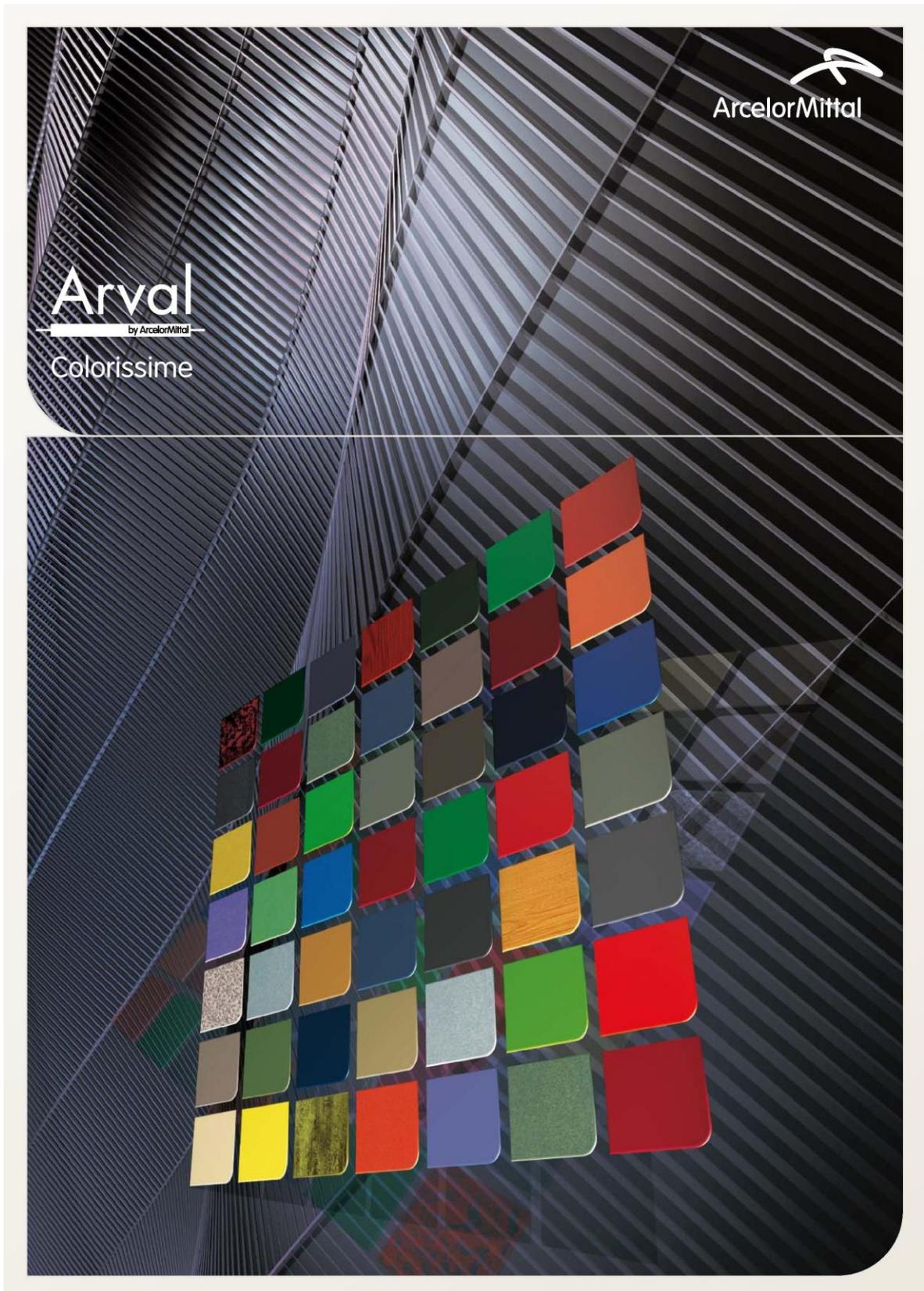


GARANTÍA VEMAX

Nadie le ofrece tanta garantía como los productos VEMAX. Al finalizar la instalación se le facilita al cliente la garantía junto con un kit especial de mantenimiento adecuado para el sistema de carpintería utilizado en la instalación.



ANEXO III: CARTA DE COLORES DE ARCELORMITTAL.



ARVAL LIBERA SU **IMAGINACIÓN**
ARVAL LIBERTA A SUA **IMAGINAÇÃO**

criatividade

Mais longe na criatividade

Bem-vindo a um mundo onde impera o aço. Vá mais além dos padrões, dê asas à sua imaginação, a Arval realiza os seus desafios mais criativos. Descubra uma oferta inigualável onde a sinfonia de cores e de materiais inspira as mais belas composições arquitectónicas. Crie efeitos envernizados ou brilhantes, foscos ou reluzentes e multiplique as fontes de inspiração com uma vasta colecção de formas: Métal Touch ou pré-lacado, alumínio, cobre, aço inoxidável ... a Arval constrói o futuro inovando consigo.

creatividad

Más lejos en la creatividad

Bienvenido a un mundo iluminado por el acero. Al superar las normas y liberar la imaginación, Arval ejemplifica los retos más creativos. Descubrir una oferta sin parangón o una sinfonia de colores y materiales que inspiren las más bellas composiciones arquitectónicas. Crear efectos de pátina o brillantes, mates o iridiscentes y multiplicar las fuentes de inspiración con una amplia colección de aspectos: Toque metálico o prelacado, aluminio, cobre, acero inoxidable ... Arval construye el futuro e innova a su lado.

tecnicidade

Mais alto na tecnicidade

Durabilidade das soluções e das tintas, adaptação às condições climáticas rigorosas, conforto térmico, acústico e reacção ao fogo, a Arval organiza a sua oferta segundo as suas expectativas e a dos seus utilizadores. O empenho da Arval tem como intuito o desenvolvimento de sistemas de construção com durabilidade em aço reciclável e reciclado e dos revestimentos otimizados para que as suas obras se manifestem em perfeita harmonia com o ambiente.

tecnicidad

Más alto en la tecnicidad

Gracias a la durabilidad de soluciones y tonos, su adaptación a condiciones climáticas extremas y su confort térmico, acústico y de comportamiento al fuego, Arval estructura una oferta articulada en torno a sus expectativas y las de los usuarios finales. Las iniciativas de Arval tienen como finalidad desarrollar sistemas constructivos duraderos con acero reciclable y reciclado, así como revestimientos optimizados para que sus creaciones se expresen en perfecta armonía con el medio ambiente.

Resistencia a la corrosión / Resistência à corrosão



Resistencia a los rayos UV / Resistência aos U.V.

Texture impact

EDYXO®

Alquimia secreta
Uma alquimia secreta



BETULA 71B1



CHESNUT 78B5



SANTAL 78B9



GAYA 72GA



VULCANO 73VU



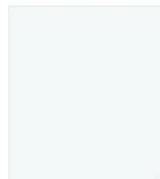
MIRANDA 79S1



MERCURY 76PA

NATUREL

Emoción mate
Atracção mate



COCONUT 49PB



SQUALE 47QE



MOKA 41BY



CAPUCCINO 47LA



SAFRAN 43RB



PAPRIKA 48TU



NUTMEG 37NU



REGALIZ 47NP



BLACKBERRY 49MC

AUTHENTIC

Aspecto mate
Aspecto mate



NEW-ZINC 5740



PATINA 56E2



CUPPRA 5216



NIGHT 5905

Freedom

HAIRULTRA-HAIRPLUS™

Libertad de color
Libertação das cores

		WHITE 880	OPALE 4936	PAPYRUS 4932	WHITEGREY 4902
CREME 41C4	GREGE 4113	STONE 4703	BEIGE 4131	SIENNA 4807	SEPIA 4824
TILIA 4602	CLOROFILA 4608	RESEDA 4601	MALACHITE 4659	MINT 4636	WINEBOTTLE 4615
BRICK 4201	CORAL 4309	BAUXIT 4838	RUBY 4306	BORDEAU 4802	PURPLE 4350
SKY 4510	ROSA 4320	SAHARA 4156	SAND 4102	LEMON 4155	AFRICA 4847
PLATINA 4710	ZINC 4750	MOUSE 4752	CACAO 4708	BASALT 4771	GRAPHIT 4702
SAFIR 4534	MURANO 4511	LAGOON 4592	ULTRAMARIN 4523	ABYSS 4505	EBONIT 4942

Radiance

HAIRULTRA-HAIRPLUS™

Tiempo para brillar
Tempo para brilhar

SILVER 4930	STAHL 4541	SKYALU 45G5	TITANIUM 4959	MOSS 4688	MARIN 4542

Bibliografía.

- D. Fraile. *Cogeneración: Aspectos tecnológicos*.
- O. Bergman, D. Fraile y T Marjokorpi, *Turbinas de gas o motores alternativos para una instalación de cogeneración*, Energía, mayo/junio 1993.
- D. Fraile y A. Bautista, *refrigeración por absorción y cogeneración. Ventajas de la asociación de ambos sistemas*, Ingeniería Química, mayo 1992.
- D. Fraile y A. Bautista, *aplicación de máquinas de absorción para refrigeración de la industria*, Montajes e Instalaciones, septiembre de 1992.
- Powertec Española, *Viabilidad de la instalación de un enfriador evaporativo en turbinas de gas para plantas de cogeneración*, Química Hoy, marzo 1992.
- D. Fraile, *Sistemas de recuperación de calor en cogeneración*, Ingeniería Química, marzo 1996.
- D. Fraile y E. Laguna, *Enfriamiento de aire de combustión en turbinas de gas*, Ingeniería Química, marzo de 1997.
- V. Marín and M. DE. *Alternativas Energéticas En La Climatización* 2015.
- N. Passcual Román. *La Eficiencia Energética En El Uso De La Vivienda: Factores Incidentes* 2015.
- P. A. Sánchez and J. A. Martínez. *Nuevas expectativas para la cogeneración. Ingeniería Química-Madrid- 33(379)*, pp. 123-136. 2001.
- J. Saura Zaplana. *Estudio energético de una vivienda unifamiliar: Diseño de soluciones para el autoabastecimiento de energía mediante energías renovables*. 2015.
- O. Subirats Rebull and A. Trebejo Barba. *Proyecto de investigación para la implantación de la casa pasiva en el mediterráneo adaptada al medio urbano*. 2011.
- James & James (1999), *Un Vitrubio Ecológico, principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible*. Editorial Gustavo Gili, S.L., Londres.
- Bosch, M., López, F., Rodríguez, I. y Ruiz, G. (2006), *Avaluació energètica d'edificis, l'experiència de la UPC, una metodologia d'anàlisi*. Edicions UPC, Barcelona.
- Serra, R. (1999), *Arquitectura y Climas*, Editorial Gustavo Gili, S.L. (GG Básicos), Barcelona.
- ISOVER, *Eficiencia Energética y Confort en los Climas Cálidos, Multi-Comfort House*.
- González de Posada, F., González Redondo, M., Redondo Alvarado, M.D. (2007), *Teorías Termológicas. Aplicación a la Arquitectura y a las Ingenierías*. Editorial Pearson Prentice Hall.
- K. Fuller, Seglinder, R. Petersen, Stephen, *Life-Cycle Costing Manual for the Federal Energy Management Program*, National Institute of Standards and Technology.
- Olgyay, Victor. *Arquitectura y climas, manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas* (1963).
- Arzo Del Val, David (2011). *Micro y mini-cogeneración: Ejemplos de aplicación en los sectores terciario y residencial. Jornada instalaciones de cogeneración*. Altare Energía.
- Atecos (Asistente Técnico para la Construcción Sostenible) (2012). *Instalación de micro-cogeneración en edificios*.

- Atecos (Asistente Técnico para la Construcción Sostenible) (2012). *Cogeneración: micro-cogeneración y micro-trigeneración*.
- Dynamo Effect (the network transmitting a new energy) (2010). *Refrigeración en verano*.
- Ecotelia (2012). *Aplicación de la micro-cogeneración en el sector residencial*.
- Escuain Sanz, Jordi (2005). *Calefacción por suelo radiante: aspectos innovadores*. Departamento técnico de ALB, S.A.
- Escuer, Joan (2005). *Geotermia solar: Una realidad presente como apuesta de futuro*. Tierra y Tecnología, 28, 31-33.
- Fernández Salgado, José María y Gallardo Rodríguez, Vicente (2004). *Energía solar térmica en la edificación*. AMV Ediciones.
- Lavandeira, Juan Carlos (2011). *Consideraciones sobre tecnologías de frío solar, capítulo 1. Guía del frío solar: ahorro y eficiencia energética con refrigeración solar*, FENERCOM (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid).
- Llopis Trillo, Guillermo y Rodrigo Angulo, Vicente (2008). *Guía de la energía geotérmica*. FENERCOM (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid).
- Méndez Muñiz, Javier y Cuervo García, Rafael (2008). *Energía solar térmica*. ECA, Instituto de Tecnología y Formación.
- Perales Benito, Tomás (2008). *Instalaciones de paneles solares térmicos*. Creaciones Copyright.
- Rodríguez, Juan (2012). *Sistemas de climatización mediante tecnología geotérmica*. Taller "Biomasa y Geotermia".
- Sedigas (Asociación Española del Gas) (2013). *Guía sobre aplicaciones de la energía solar térmica*.
- FORD, B.; SCHIANO-PHAN, R.; ZHONGCHENG, D. The Passivhaus Standard in European warm climates: Design guidelines for comfortable low energy homes. Part 1. A review of comfortable low energy homes. 2007.
- FORD, B.; SCHIANO-PHAN, R.; ZHONGCHENG, D. The passivhaus standard in European warm climates, design guidelines for comfortable low energy homes—part 2 and 3. *Passive-on project report. School of the built environment, University of Nottingham, 2007*.
- Asociación Española para la promoción de la Cogeneración en España (ACOGEN).
- Red Eléctrica de España (REE).
- Documento Básico DB-HE de Contribución Solar Fotovoltaica del Código Técnico de la Edificación (CTE).
- Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS).
- Documento Básico DB-HE de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (CTE).
- Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de edificios.
- Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.
- Real Decreto-ley 1/2012, de 27 de enero, por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la suspensión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica mediante cogeneración y fuentes renovables.

- Real Decreto 47/2007, de 19 de enero por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE).
- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- Cuaderno de aplicaciones técnicas para Plantas Eólicas, ABB.
- Asociación Empresarial Eólica (AEE).
- GasNatural.es
- Guía sobre tecnología minieólica – fundación de la energía de la comunidad de Madrid.
- Unión española fotovoltaica.
- Energía solar fotovoltaica manual práctico (adaptado al código técnico de la edificación) – A.Labouret – M.Villoz.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE).
- *Energy Price Indices and Discount Factors for Life-Cycle cost Analysis 2010*, National Institute of Standards and Technology.
- Instituto nacional de estadística (INE).
<http://www.ine.es/>
- Whole Building Design Guide.
<http://www.wbdg.org/resources/lcca.php>
- Materiales sostenibles.
<http://www.csostenible.com/>
- ITeC.
<http://itec.es/>
- Biohaus.
<http://www.biohaus.es/>
- Energía solar térmica. Energía solar.
<http://solar-energia.net/>
- Calefacción, aire acondicionado y refrigeración solar. Suelo solar.
<http://www.suelosolar.es/guiasolares/calefaccion.asp>
- Calefacción solar. La casa sostenible:
<http://www.lacasasostenible.com/calefaccion-solar.html>
- Instalaciones geotérmicas. Slideshare.
<http://www.slideshare.net/frjbotella/geotermia-aplicaciones>
- Características geotermia. TerraTerm.
<http://www.terra-term.es/como.html>
- Liebar, Igor (2012). Climatización geotérmica. EcoHabitar.
<http://www.ecohabitar.org/climatizacion-geotermica/>
- Muro radiante (2011). EcoHabitar.
<http://www.ecohabitar.org/muro-radiante/>
- Caballero, Sergi (2012). Suelos y muros radiantes. Sergi caballero.
<http://www.sergicaballero.com/suelos-y-muros-radiantes/>
- Cogeneración. SoliClima.
<http://www.soliclima.es/cogeneracion>
- Fotovoltaica. SoliClima.

- <http://www.soliclima.es/fotovoltaica>
- Climatización mediante suelo radiante. SoliClima.
<http://www.soliclima.es/climatizacion-suelo-radiante>
- Techo radiante. SoliClima.
<http://www.soliclima.es/techo-radiante>
- Cogeneración. ARGingenieros.
<http://www.argingenieros.com/ingenieriacogeneracion.html>

- Que es la cogeneración. COGEN España.
<http://www.cogenspain.org/>
- Micro-cogeneración. COGEN España.
<http://www.cogenspain.org/microcogeneracion-en-la-edificacion>
- Energía solar fotovoltaica o electricidad sola. EnergySPAIN.
<http://www.energy-spain.com/energia-solar/energia-solar-fotovoltaica#is>
- Energía solar fotovoltaica aplicaciones. Energía Solar Fotovoltaica.
<http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com.es/2006/01/energia-solar-fotovoltaica.html>
- Techo radiante vs suelo radiante (2014). Twenergy.
<http://twenergy.com/a/techo-radiante-vs-suelo-radiante-1104>
- Climatiza tu casa mediante la refrigeración por absorción (2011). Twenergy.
<http://twenergy.com/a/te-gustaria-refrigerar-tu-casa-en-verano-utilizando-como-fuente-de-energia-el-sol-154>
- Techo radiante. SoliClima.
<http://www.eficienciaenergetica.com/climatizacion/techo-radiante.html>
- Absorción y adsorción. FAEN (Fundación Asturiana de la Energía).
<http://www.faen.es/nueva/controler.php?id=81&idIdioma=ES>
- Tipos de radiación solar. Communities.
<http://communities.bentley.com/products/microstation/f/19565/t/83556>
- Protección solar. Toldos Campos.
<http://toldoscampos.blogspot.com.es/2012/04/proteccion-solar.html>
- Ventajas y desventajas energía solar. Energía Solar.
<http://infoenergiasolar.com/ventajas-y-desventajas-de-la-energia-solar>
- Sistemas de captación geotérmica. Verano instalaciones.
<http://www.veranoinstalaciones.com/sistemas-de-captacion>
- Captadores o intercambiadores geotérmicos (2013). OfiGeo.
<https://ofigeo.wordpress.com/category/divulgacion/>
- Cogeneración en el Mundo, Europa y España. Fenercom.
<http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-de-la-Cogeneracion-fenercom-2010.pdf>
- Suelo radiante. Construmatica.
<http://blog.construmatica.com/sistemas-radiantes-calefaccion-y-refrescamiento-segun-naturaleza/>
- Vivienda modular autoportante. ArcelorMittal.
<http://ds.arcelormittal.com/construction/protea/Protea-low-cost-housing/language/EN>
- Carpintería exterior. Vemax.
<http://www.vemax.es/1.4/puertas-y-ventanas/pvc-aluminio>

- Comparativa geotermia solar. Efinetika wordpress
<https://efinetika.wordpress.com/2012/08/03/micro-cogeneracion-vs-solar-termica/>